ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ & ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Μελέτη επίδρασης αντιμικροβιακής ενεργού συσκευασίας έτοιμων προς κατανάλωση ροδακίνων στη συμπεριφορά του παθογόνου μικροοργανισμού Listeria monocytogenes

---

ΔΕΣΠΟΙΝΑ Κ. ΜΠΑΛΑΣΑΚΗ

Επιβλέπων καθηγητής: Παναγιώτης Σκανδάμης

Αθήνα

Φεβρουάριος 2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Μελέτη επίδρασης αντιμικροβιακής ενεργού συσκευασίας έτοιμων προς κατανάλωση ροδακίνων στη συμπεριφορά του παθογόνου μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes*

Effect of antimicrobial active packaging of processed peaches on survival of *Listeria monocytogenes*

ΔΕΣΠΟΙΝΑ Κ. ΜΠΑΛΑΣΑΚΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Παναγιώτης Σκανδάμης

Μέλη: Αν. Καθηγητής Ευστάθιος Πανάγου

Αν. Καθηγήτρια Βασιλική Ευαγγελίου

Αθήνα

Φεβρουάριος 2020

Περίληψη

Η αυξανόμενη ζήτηση των σύγχρονων καταναλωτών για υγιεινά σνακ, έχει οδηγήσει στην αύξηση του εμπορίου των κονσερβοποιημένων φρούτων. Παρόλα αυτά λόγω της μη λειτουργικής τους συσκευασίας απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία, όπως το κόψιμο σε κομμάτια, η αφαίρεση του υγρού μέσου και η συσκευασία τους σε μια πιο βολική συσκευασία. Όμως κατα τη διάρκεια επεξεργασίας η επιφάνεια των φρούτων μπορεί να αποτελέσει μία εστία επιμόλυνσης για παθογόνους μικροοργανισμούς. Τα φρούτα μπορεί να θεωρούνται τρόφιμα χαμηλού κινδύνου σε σχέση με τροφιμογενείς ασθένειες, ωστόσο, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες παθογόνοι μικροοργανισμοί όπως η *Listeria monocytogenes* έχουν ανιχνευθεί σε φρούτα έτοιμα προς κατανάλωση. Αυτό οδηγεί σε ανακλήσεις και επακόλουθες οικονομικές απώλειες για τη βιομηχανία τροφίμων. Η ενεργός συσκευασία αποτελεί μία προσέγγιση στο να εμποδιστεί πιθανή επιμόλυνση στην επιφάνεια των φρούτων. Μία ιδανική λύση για τις βιομηχανίες τροφίμων για να ξεπεράσουν τα προβλήματα ασφάλειας τροφίμων είναι η ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών σε εδώδιμες επικαλύψεις. Ο στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η μελέτη της επιβίωσης του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes* σε φέτες ροδάκινα κομπόστα με ή χωρίς εδώδιμες επικαλύψεις (αλγινικό νάτριο, πηκτίνη και ο συνδυασμός τους) με ή χωρίς προσθήκη αντιμικροβιακών ουσιών (βανιλίνη και αιθέριο έλαιο κανέλας) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0,3 και 0,6% κ.ό.) κατά την συντήρηση στους 4˚C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι φέτες ροδάκινα κομπόστας εμβολιασμένα με *Listeria monocytogenes* με επικάλυψη αλγινικού με 0,3% και πηκτίνης με 0,3% κ.ο. βανιλίνη έχουν μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του μικροοργανισμού. Η σημαντικότητα της παρούσας μελέτης έγκειται στην δημιουργία ενός προϊόντος, στο οποίο συνδυάστηκε η τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών που περιέχουν φυσικά αντιμικροβιακά, χωρίς εκπτώσεις στην ασφάλεια του.

Όροι ευρετηρίασης: Ροδάκινα, εδώδιμες επικαλύψεις, αλγινικό νατριο, πηκτίνη, βανιλίνη, αιθέριο έλαιο κανέλας, *Listeria monocytogenes.*

Επιστημονική περιοχή: Ασφάλεια Τροφίμων, Μικροβιολογία, Μικροβιολογία Τροφίμων, Τεχνολογία Τροφιμων.

Abstract

The growing demand of modern consumers for healthy snacks has led to an increase in the trade of canned fruits. Nevertheless, due to their non-functional packaging, further processing is required, such as cutting into pieces, removing the liquid medium and packaging them in a more convenient package. However, during processing, the fruit surface can be a contamination hub for pathogenic microorganisms. Fruits may be considered low-risk foods in relation to foodborne illnesses, however, according to recent studies pathogenic microorganisms such as *Listeria monocytogenes* have been detected in ready-to-eat fruits. This leads to recalls and consequent economic losses for the food industry. Active packaging is an approach to prevent possible contamination on the fruit surface. An ideal solution for the food industry to overcome food safety problems is to incorporate antimicrobials into edible coatings. The aim of the present study was to study the survival of *Listeria monocytogenes* in sliced peach compote with or without edible coatings (alginate, pectin and their combination) with or without the addition of antimicrobials (vanillin and cinnamon essential oil) in different concentrations (0.3 and 0.6% v/v) during storage at 4°C. The results showed that sliced peach compotes inoculated with *Listeria monocytogenes* coated with alginate with 0.3% and pectin with 0.3% v/v vanillin had a higher rate of reduction of the microorganism. The significance of this study lies in the creation of a product that combines the technology of edible membranes containing naturally occurring antimicrobials, without compromising its safety.

Keywords: Peaches, edible coatings, sodium alginate, pectin, vanillin, cinnamon essential oil, *Listeria monocytogenes*

Scientific Field: Food Safety, Microbiology, Food Microbiology, Food Technology

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών, του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών με τίτλο: Συστήματα Διαχείρησης Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Αν. Καθηγητή του Εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου & Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών Παναγιώτη Σκανδάμη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην μεταδιδακτορική ερευνήτρια Αναστασία Καπετανάκου που βρίσκονταν κυριολεκτικά δίπλα μου και προσέφερε καθημερινά απλόχερα τις γνώσεις της, τις πρακτικές συμβουλές και εμπειρίες, με σκοπό να πραγματοποιηθεί η παρούσα μελέτη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Τις θερμές ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω όμως και στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Αν Καθηγητή του Γ.Π.Α. Ευστάθιο Πανάγου και την Αν Καθηγήτρια του Γ.Π.Α. Βασιλική Ευαγγελίου.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες 5
Abstract 4
Περίληψη 3
1. Εισαγωγή 8
1.1 Το ροδάκινο 8
1.2 Κονσερβοποίηση 8
1.2.1 Κονσερβοποίηση ροδακίνου 9
1.2.2 Υγρό πλήρωσης 10
1.2.3. Στάδια κονσερβοποίησης ροδακίνου 10
1.3 Μειονεκτήματα κονσερβοποίησης 12
1.4 Ενεργός συσκευασία 13
1.4.1 Μεμβράνες και επικαλύψεις 13
1.5 Χρήση εδώδιμων επικαλύψεων 16
1.5.1 Ιστορική αναδρομή 16
1.5.2 Πλεονεκτήματα 16
1.5.3 Ενίσχυση εδώδιμων επικαλύψεων 17
1.5.4 Απαιτήσεις και προκλήσεις 17
1.6 Αλγινικά άλατα 19
1.7 Πηκτίνη 20
1.8 Πολυστρωματικές επικαλύψεις 21
1.9 Αντιμικροβιακές ουσίες 21
1.9.1 Αιθέρια έλαια 22
1.9.2 Βανιλίνη 25
1.10 *Listeria monocytogenes* 26
1.10.1 Συμπτώματα λοίμωξης 26
1.10.2 Χαρακτηριστικά 26
1.10.3 Κρούσματα 27
1.10.4 Ευρωπαικός Κανονισμός 28
1.10.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών 28
2. Στόχοι και υπόθεση 30
3. Υλικά και μέθοδοι 32
3.1 Προετοιμασία ροδακίνων 32
3.2 Στελέχη μικροοργανισμών 32
3.3 Προετοιμασία εμβολίου 32
3.4 Ανανέωση μικροοργανισμών 33

3.5 Προετοιμασία πηκτών 33
3.6 Προετοιμασία ροδακίνων με επικάλυψη 35
3.7 Συσκευασία και συντήρηση 38
3.8 Μικροβιολογικές αναλύσεις 38
3.9 Οργανοληπτικός έλεγχος 39
3.10 Ανάλυση δεδομένων 39
3.11 Στατιστική ανάλυση 40
4 Αποτελέσματα και συζήτηση 41
4.1 Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων 41
4.1.1 Αποτελέσματα καταμέτρησης *Listeria monocytogenes* 41
4.2 Μετρήσεις pH 56
4.3 Μετρήσεις Aw 58
4.5 Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου 59
5. Συμπεράσματα 60
6. Βιβλιογραφία 61

1. Εισαγωγή

1.1 Το ροδάκινο

Το ροδάκινο (Prunus persica) είναι ένα πυρηνόκαρπο φρούτο που κατάγεται απο την Κίνα [1]. Έχει σφαιρικό ή ωοειδές σχήμα, ραφή στη ράχη και χνουδωτή ή λεία φλούδα ανάλογα με την ποικιλία σε διάφορους χρωματισμούς του κίτρινου, ρόδινου και κόκκινου αλλά και του λευκοκίτρινου (λευκόσαρκη ροδακινιά) [1]. Η σάρκα είναι χυμώδης, αρωματική με γλυκιά και υπόξινη γεύση. Ο πυρήνας του ροδάκινου (κουκούτσι) είναι μεγάλος κόκκινος με πολλές αυλακώσεις και μένει κολλημένος στη σάρκα ή ξεκολλάει εύκολα [2]. Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες ροδάκινου, τουλάχιστον 15 επιτραπέζιων ροδακίνων και περίπου 5 ποικιλίες βιομηχανικών που έχουν διαφορές στο σχήμα, στο χρώμα και στη γεύση [2]. Έτσι έχουμε τα νεκταρίνια με τη σκληρή σάρκα, τα λευκόσαρκα ροδάκινα με τη λευκή σκληρή σάρκα και περισσότερη πικρή γεύση από ότι τα ροδάκινα, τους γιαρμάδες με τη μαλακή πολύ αρωματική σάρκα και τον πυρήνα να αφαιρείται εύκολα.

Τα επιτραπέζια ροδάκινα και τα νεκταρίνια καταναλώνονται νωπά και μαζεύονται από το δέντρο γύρω στη μία εβδομάδα πριν από τη πλήρη ωρίμανσή τους. Έτσι μπορούν να διατηρηθούν γύρω στις 15 ημέρες. Το ροδάκινο είναι αρκετά ευαίσθητο στη ζέστη και αν μείνει εκτός ψυγείου σαπίζει γρήγορα [3].

Τα διατροφικά στοιχεία του ροδάκινου (ανα 100 γραμμάρια) είναι : 39 θερμίδες (kcal), 10 γραμμάρια υδατάνθρακες (εκ των οποίων 8 γραμμάρια ζάχαρη), 0.9 γραμμάρια πρωτεΐνη, 0.3 γραμμάρια λιπαρά οξέα (εκ των οποίων 0.1 γραμμάρια πολυακόρεστα και 0.1 μονοακόρεστα), 190 μικρογραμμάρια κάλιο και 6 μικρογραμμάρια σίδηρο [2].

Τα ροδάκινα εκτός από νωπά τρώγονται και ως κομπόστα, γίνονται μαρμελάδες, χρησιμοποιούνται στη ζαχαροπλαστική, γίνονται λικέρ, αναψυκτικά και χυμοί. Η κονσερβοποιία του ροδάκινου είναι πολύ αναπτυγμένη και κονσέρβες ροδάκινου καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες σε πολλές περιοχές [1].

1.2 Κονσερβοποίηση

Από τα αρχαία χρόνια υπήρχαν πολλές τεχνικές για την συντήρης των φρούτων, όπως η αποξήρανση, η ζύμωση ή η χημική συντήρηση με την χρήση ξυδιού κρασιού και ζάχαρης.

Ωστόσο τα αποτελέσματα δεν ήταν πάντα τόσο καλά όσον αφορά τόσο στην υφή όσο και στην ασφάλεια των τροφίμων. Μια νέα επεξεργασία, η θερμική, αποτέλεσε μια μεγάλη εξέλιξη, ενώ με τη βοήθειά τηςέγινε δυνατή και η κονσερβοποίηση. Η κονσερβοποίηση αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μεθόδους συντήρησης των τροφίμων. Με τον όρο κονσερβοποίηση (canning), εννοούμε τη θερμική επεξεργασία (παστερίωση ή εμπορική αποστείρωση) των τροφίμων τα οποία βρίσκονται μέσα σε ερμητικά κλεισμένους περιέκτες. Για πρώτη φορά ανακαλύφθηκε από τον Nicholas Appert στη Γαλλία το 1790, έπειτα από την προκήρυξη διαγωνισμού από τον Ναπολέοντα για την εύρεση μεθόδου συντήρησης των τροφίμων του γαλλικού στρατού προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ασθένεια του σκορβούτου. Οι αρχές που εφαρμόστηκαν από τον Appert γιατην κονσερβοποίηση των τροφίμων ισχύουν ακόμη και σήμερα και έχουν να κάνουν με την προετοιμασία του επικείμενου προϊόντος, την πλήρωση του περιέκτη στον οποίο θα περιέλθει, το ερμητικό κλείσιμο του περιέκτη και τη θερμική επεξεργασία. Η μέθοδος αυτή είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή προϊόντων με δυνατότητα συντήρησης για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η επιστημονική της, όμως, βάση τέθηκε μετά από περίπου μισό αιώνα όταν ο Louis Pasteur ανακάλυψε ότι η καταστροφή των τροφίμων οφείλεται στην ύπαρξη μικροοργανισμών, οι οποίοι καταστρέφονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Η τεχνική που φέρει το όνομα του, η παστερίωση, είναι μια θερμική επεξεργασία που αποσκοπεί στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών στα τρόφιμα [4].

1.2.1 Κονσερβοποίηση ροδακίνου

Είναι γνωστό ότι η παραγωγή κονσερβοποιημένων φρούτων και ιδιαίτερα ροδάκινων αποτελεί σημαντικό οικονομικό παράγοντα για την ελληνική οικονομία, αφού η Ελλάδα αποτελεί παγκοσμίως μία μεγάλη παραγωγική και εξαγωγική δύναμη στο προϊόν αυτό

Τα είδη του ροδάκινου που χρησιμοποιούνται για την κονσερβοποίηση και παραγωγή κομπόστας είναι συνήθως από συμπύρηνες ποικιλίες

Τα ροδάκινα σε μορφή κομπόστας μπορεί να βρίσκονται σε διάφορες μορφές, όπως φέτες, μισά, κύβοι και κομμάτια ροδάκινου, τόσο μόνα τους όσο και σε φρουτοσαλάτες μαζί με άλλα φρούτα, όπως βερίκοκα, αχλάδια, κεράσια, ανανάς και σταφύλια σε σιρόπι ή χυμό και νερό, σε κονσέρβες τόσο μεταλλικές όσο και πλαστικές (νέου τύπου).

Η ασφάλεια των κονσερβοποιημένων φρούτων είναι αναμφισβήτητη, η θρεπτική τους όμως αξία, σε σχέση με τα νωπά φρούτα, συχνά υποτιμάται από τους καταναλωτές. Αυτό

συμβαίνει διότι οι καταναλωτές πιστεύουν ότι η κονσερβοποίηση καταστρέφει τα θρεπτικά συστατικά των φρούτων [4].

1.2.2 Υγρό πλήρωσης

Το υγρό πλήρωσης, δηλαδή το γλυκαντικό διάλυμα ή αλλιώς το σιρόπι, παίζει σημαντικό ρόλο στην κονσερβοποίηση. Ο ρόλος αυτός είναι διττός: α) Διευκολύνει τη μεταφορά της θερμότητας στα φρούτα κατά την θερμική επεξεργασία. Κατά την διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας των κονσερβοποιημένων προϊόντων η θερμότητα μεταφέρεται από το μέσο θέρμανσης στη συσκευασία και στη συνέχεια στο υγρό υλικό πλήρωσης. β) Συνήθως το υγρό πληρωματικό μέσο αποτελείται από γλυκαντικό διάλυμα, μείγμα από νερό και χυμό φρούτων ή αποκλειστικά από χυμό φρούτων, εξυπηρετεί στη γλύκανση του προϊόντος και αποτελεί επιπρόσθετη πηγή θρεπτικών στοιχείων[4].

Τα πιο κοινά χρησιμοποιούμενα γλυκαντικά διαλύματα στην κονσερβοποίηση φρούτων είναι διάλυμα από σακχαρόζη ζαχαροκάλαμου ή ζαχαρότευτλου, γλυκαντικό διάλυμα από καλαμπόκι, ιμβερτοποιημένη ζάχαρη και γλυκαντικό διάλυμα από γλυκόζη ή φρουκτόζη.

Άλλη εναλλακτική πρόταση αποτελεί η κονσερβοποίηση σε φυσικό χυμό. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ολοένα αυξανόμενη τάση στη χρήση συμπυκνωμένων χυμών του ίδιου φρούτου χωρίς την προσθήκη ζάχαρης. Πολλές φορές στο γλυκαντικό διάλυμα προστίθενται διάφορες αντιοξειδωτικές ουσίες όπως για παράδειγμα το ασκορβικό οξύ [4].

1.2.3. Στάδια κονσερβοποίησης ροδακίνου

Αφού εισέλθει η πρώτη ύλη στη βιομηχανία, γίνεται ένας αρχικός έλεγχος στη υποδοχή για να διαπιστωθεί ότι αυτή είναι κατάλληλη προς χρήση και υπόκειται στα χαρακτηριστικά που συμφωνήθηκαν. Επόμενη κίνηση είναι η μεταφορά των κωδικοποιημένων παλετών πρώτης ύλης στο τμήμα της τροφοδοσίας ή της αποθήκης σε περίπτωση περίσσειάς της. Στη συνέχεια, πριν την εισαγωγή της πρώτης ύλης στο τροφοδοτικό, γίνεται ένας ακόμα έλεγχος καθώς και η εισαγωγή του αριθμού παρτίδας.

Η ελεγμένη και κωδικοποιημένη πρώτη ύλη τοποθετείται στο τροφοδοτικό και από εκεί ρίχνεται σε μια δεξαμενή νερού για την πρώτη πλύση της, ενώ παράλληλα γίνεται διαλογή της από εργάτες, για την απόρριψη τυχόν ακατάλληλων τεμαχίων.

Συνήθως τα ροδάκινα που συγκομίζονται βρίσκονται σε διαφορετικό στάδιο ωριμότητας και το μέγεθος τους διαφέρει. Η ταξινόμηση τους ανάλογα με το μέγεθος αποτελεί μια συνηθισμένη πρακτική, που πραγματοποιείται συνήθως με μηχανικά μέσα. Οι καρποί περνούν από ειδικά μηχανήματα ταξινόμησης (καλιμπραδόροι) και διαχωρίζονται ανάλογα με το μέγεθός τους [4].

Το επόμενο στάδιο είναι αυτό της διχοτόμησης και της εκπυρήνωσης. Σε αυτό το στάδιο οι καρποί κόβονται στη μέση και απομακρύνεται ο πυρήνας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μηχανικά. Σε περίπτωση που δεν έχουν εκπυρηνωθεί όλα τα τεμάχια, η διαδηκασία ολοκληρώνεται από το προσωπικό, με τη χρήση ειδικού εργαλείου.

Έπειτα ακολουθεί το στάδιο της αποφλοίωσης και το πλύσιμο. Τα διχοτομημένα ροδάκινα αποφλοιώνονται με την βοήθεια αλκαλικού διαλύματος. Οι καρποί μεταφέρονται στον αποφλοιωτήρα (με το εσωτερικό μέρος προς τα κάτω) όπου και εκτίθενται σε διάλυμα NaOH πυκνότητας 2,5-11% και θερμοκρασίας 70-100° C για 45-60 δευτερόλεπτα. Το διάλυμα συμβάλλει στην αποκόλληση του φλοιού. Η πυκνότητα του διαλύματος, η θερμοκρασία του και ο χρόνος παραμονής εξαρτώνται από την ποικιλία, το μέγεθος και το στάδιο ωριμότητας των καρπών. Αμέσως μετά οι καρποί ξεπλένονται με κρύο νερό για την απομάκρυνση του φλοιού και των υπολειμμάτων NaOH [4].

Την αποφλοίωση διαδέχεται ο έλεγχος της ποιότητας των διχοτομημένων καρπών και κατόπιν ακολουθεί η ταξινόμηση τους, κατά μέγεθος και η απομάκρυνση τεμαχίων με ατέλειες.

Ακολουθεί το στάδιο του τεμαχισμού. Σε αυτό το στάδιο οι καρποί οδηγούνται σε κοπτικά μηχανήματα, τα οποία είναι εφοδιασμένα με ειδικά μαχαίρια. Οι διχοτομημένοι καρποί τεμαχίζονται περαιτέρω για να πάρουν την τελική τους μορφή, σε κύβους ή φέτες, ανάλογα με τις απαιτήσεις της παραγωγής.

Τα τεμαχισμένα και αποφλοιωμένα ροδάκινα οδηγούνται στο γεμιστικό μηχάνημα και τοποθετούνται στους περιέκτες, οι οποίοι είναι συνήθως γυάλινοι ή από λευκοσίδηρο. Στην συνέχεια προστίθεται το υγρό μέσο [4].

Ακολουθεί το στάδιο της απαέρωσης και το κλείσιμο. Ο πρωταρχικός στόχος αυτού του τμήματος της επεξεργασίας είναι η εξασφάλιση αναερόβιων συνθηκών μέσα στους περιέκτες για να αποφευχθεί η μικροβιολογική καταστροφή και επιτυγχάνεται με ατμό ή με εμβάπτιση των περιεκτών σε θερμαινόμενο νερό. Μετά την απαέρωση οι περιέκτες

κλείνονται αεροστεγώς και πλένονται με ζεστό νερό προκειμένου να απομακρυνθούν ουσίες που πιθανόν να έχουν κολλήσει επάνω τους, όπως σιρόπι , κομμάτια φρούτων κλπ.

Το επόμενο στάδιο είναι αυτό της θερμικής επεξεργασίας, όπου οι περιέκτες αποστειρώνονται για 10-20 λεπτα σε θερμοκρασίες κοντά στους 100˚C.

Ακολουθεί ψύξη με κρύο νερό έως ότου η θερμοκρασία του περιεχομένου πλησιάσει τους 35-40 ^{o}C. Κατά την έξοδο των κονσερβών από τις δεξαμενές ψύξεως, η θερμοκρασία τους πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 35-40 ^{o}C, που είναι αρκετή για την εξάτμιση των σταγόνων. Για την ταχεία απομάκρυνση της υγρασίας χρησιμοποιούνται μηχανήματα με τα οποία διοχετεύεται ισχυρό ρεύμα αέρος.

Τέλος ακολουθεί η ετικετοποίηση, που γίνεται μηχανικά και η μεταφορά των προϊόντων σε αποθήκες. Παράλληλα, πραγματοποιείται έλεγχος σωστής επεξεργασίας, όπου τυχαίες συσκευασίες τοποθετούνται σε κλίβανο για να παρατηρηθεί τυχών διόγκωση .

1.3 Μειονεκτήματα κονσερβοποίησης

Σύμφωνα με έρευνες τις τελευταίες δεκαετίες έχει αυξηθεί η κατανάλωση των έτοιμων προς κατανάλωση φρούτων. Πιό συγκεκριμένα από το 1994 οι πωλήσεις έχουν αυξηθεί απο τα 5 στα 10 δις. δολλάρια [5]. Τα έτοιμα προς κατανάλωση φρούτα είναι ένας πολύ βολικός τρόπος να παρέχονται στους καταναλωτές προϊόντα που είναι θρεπτικά, υγιεινά και νοστιμα. Κομμένα σε μπουκιές και συσκευασμένα, τα έτοιμα προς κατανάλωση φρούτα, επιτρέπουν στους καταναλωτές να τρώνε υγιεινά, εν κινήσει και να εξοικονομούν χρόνο στην προετοιμασία φαγητού. Διαθεσιμότητα έτοιμων προς κατανάλωση φρούτων σε αυτόματες μηχανές πώλησης στα σχολεία και στον χώρο εργασίας (για παράδειγμα) θα ήταν εξαιρετική στρατηγική για τη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας των σνακ σε μια εποχή που η παχυσαρκία και η οι ασθένειες που σχετίζονται με τη διατροφή επηρεάζουν μεγάλα ποσοστά του πληθυσμού. Ωστόσο, η μη λειτουργική συσκευασία και η παρουσία του υγρού μέσου μειώνουν σημαντικά την προσέγγιση αυτού του είδους. Ως εκ τούτου, είναι εξαιρετικά σημαντικό να καθοριστεί ένας καλύτερος τρόπος διατήρησης των έτοιμων προς κατανάλωση φρούτων, σε μία συσκευασία που θα είναι ελαφριά, θα μεταφέρεται και θα ανοίγει εύκολα.[5].

1.4 Ενεργός συσκευασία

Η συσκευασία τροφίμων όπως την γνωρίζουμε μέχρι σήμερα, χρησιμοποιείται για την προστασία του τροφίμου από εξωτερικές ‘’επιδράσεις’’, όπως μικροοργανισμοί, οξυγόνο, ηλιακή ακτινοβολία κ.λ.π. Με αυτόν τον τρόπο εγγυάται την διατήρηση της ποιότητας των τροφίμων για μία εκτεταμένη χρονική περίοδο [6]. Τα πλέον διαδεδομένα υλικά συσκευασίας είναι από χαρτί, γυαλί ή συνθετικά πολυμερή. Ο βασικός στόχος για την ασφάλεια των τροφίμων που έρχονται σε επαφή με τα ‘’παραδοσιακά’’ υλικά συσκευασίας, είναι να υπάρχει ελάχιστη αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Τις τελευταίες δεκαετίες, όμως, έγινε γνωστή η μέθοδος της ενεργού συσκευασίας [7]. Η ‘’ενεργός συσκευασία’’ είναι μία καινοτόμος τεχνολογία που μπορεί να οριστεί ως ένας τρόπος συσκευασίας, στην οποία η συσκευασία, το προϊόν και το περιβάλλον του προϊόντος, αλληλεπιδρούν για να παραταθεί η διάρκεια ζωής, ή να ενισχυθεί η ασφάλεια ή τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, διατηρώντας παράλληλα σταθερή την ποιότητα του συσκευασμένου προϊόντος [6,7]. Είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε σκοπίμως να περιέχουν συστατικά τα οποία αποδεσμεύουν ή απορροφούν ουσίες από τα συσκευασμένα τρόφιμα ή το περιβάλλον τους [8], γι’ αυτό και αποτελούνται από φυσικά ή συνθετικά πολυμερή. Οι βασικές αρχές λειτουργίας της ενεργού συσκευασίας βασίζονται είτε στις εγγενείς ιδιότητες του ίδιου του πολυμερούς που χρησιμοποιείται ως υλικό συσκευασίας είτε στην προσθήκη συγκεκριμένων ουσιών (ενεργοί παράγοντες) μέσα στο πολυμερές [6]. Οι διάφοροι ενεργοί παράγοντες μπορούν να ενσωματωθούν στο εσωτερικό του υλικού συσκευασίας ή στην επιφάνειά του σε δομές πολλαπλών στρωμάτων ή σε συγκεκριμένα σημεία που σχετίζονται με την συσκευασία, όπως φακελάκια, ή πώματα μπουκαλιών [6].

1.4.1 Μεμβράνες και επικαλύψεις

Στην κατηγορία των ενεργών συσκευασιών ανήκουν οι επικαλύψεις και οι μεμβράνες. Οι επικαλύψεις σχηματίζονται απευθείας πάνω στο προϊόν, ενώ οι μεμβράνες είναι δομές που εφαρμόζονται στα προϊόντα μετά την διαμόρφωσή τους [9]. Οι επικαλύψεις και οι μεμβράνες μπορεί να είναι εδώδιμες και μη. Στη περίπτωση των εδώδιμων, μπορούν να οριστούν ως λεπτά στρώματα υλικού τα οποία μπορούν να καταναλωθούν απο τον καταναλωτή μαζί με το προϊόν [9]. Οι μη εδώδιμες επικαλύψεις, απαιτούνται ακόμα και αν χρησιμοποιούνται εδώδιμες, κυρίως για λόγους υγιεινής [9,10].

1.4.1.1 Πλεονεκτήματα

Η τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών και επικάλυψεων αποτελεί ένα ιδιαίτερα μεγάλο μέρος στην τεχνολογία της ενεργούς συσκευασίας τις τελευταίες δεκαετίες [5]. Είναι μία πλέον δημοφιλής και αποδεκτή μέθοδος η οποία αυξάνει τον χρόνο ζωής του προϊόντος [9,11]. Επιπρόσθετα, προστατεύουν το τρόφιμο από μηχανικές, φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές φθορές και αποτελούν μία νέα τεχνολογική εναλλακτική λύση για την διατήρηση της ποιότητας των τροφίμων ακόμα και κατα τη διάρκεια αποθήκευσης υπο ψύξη [12,13]. Δημιουργούν μία ημιπερατή μεμβρανη ανάμεσα στο τρόφιμο και το εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην μείωση α) της απώλειας υγρασίας, β) του ρυθμού αναπνοής, γ) των οξειδωτικών αντιδράσεων και δ) της διαδικασίας ωρίμανσης, αφού λειτουργούν σαν φράγμα οξυγόνου, νερού, διοξειδίου του άνθρακα και μικροβιακών επιμολύνσεων [11,12,14]. Ακόμα και αν δεν καταναλώνονται με το τρόφιμο δεν συμβάλλουν στην μόλυνση του περιβάλλοντος, δεδομένου ότι βιοδιασπώνται [10,15]. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μεταφορείς βιοενεργών συστατικών που επιμηκύνουν τον χρόνο ζωής των προϊόντων, όπως συντηρητικά, αιθέρια έλαια, αντιοξειδωτικά ή αντιμικροβιακά συστατικά [11,15,16].

1.4.1.2 Κατηγορίες

Οι εδώδιμες μεμβράνες χωρίζονται σε τρείς κατηγορίες με βάση τα υλικά που συντίθενται : α) υδροκολλοειδή, β) λιπίδια και γ) συνδυασμοί τους. Τα υδροκολλοειδή έχουν δύο υποκατηγορίες, τους πολυσακχαρίτες και τις πρωτεΐνες. Στους πολυσακχαρίτες ανήκουν το άμυλο [11], τα αλγινικά άλατα [15], η μεθυλοκυταρρίνη [14], τα κόμμεα [17], η πηκτίνη [16,18], η ξανθάνη [19], το άγαρ [17] και ο συνδυασμός τους [11,20] ενώ στις πρωτεΐνες ανήκουν το καζεινικό νάτριο [21] και ο ορός γάλακτος [17]. Τα λιπίδια χωρίζονται σε τρείς υποκατηγορίες, τους κηρούς, τα λιπαρά οξέα και τις ρητίνες. Ενώ η τρίτη κατηγορία αποτελείται είτε απο συνδυασμό πολυσακχαριτών με πρωτεΐνες, είτε πολυσακχαριτών με λιπίδια ή λιπίδια με πρωτεΐνες. Συνηθέστερες και πιο διαδεδομένες βέβαια είναι οι εδώδιμες επικαλύψεις και οι μεμβράνες που έχουν βάση τα υδροκολλοειδή, καθώς έχουν πιο ουδέτερη γεύση, είναι πιο διάφανα και δεν έχουν κηρώδη επίγευση [19]. Ωστόσο, η επιλογή της κατάλληλης σύνθεσης της επικάλυψης (είδος και συγκέντρωση βιοπολυμερούς)

επηρεάζει σίγουρα την αποτελεσματικότητα των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων [12].

1.4.1.3 Σχηματισμός

Ο σχηματισμός των επικαλύψεων περιλαμβάνει μία απο τις παρακάτω διαδικασίες (ανάλογα με το υλικό της επικάλυψης) [10]:

- Τήξη και στερεοποίηση στερεών λιπών, κηρών και ρητινών
- Απλή συσσωμάτωση όπου ένα υδροκολλοειδές διασκορπισμένο σε υδατικό διάλυμα ζελατινοποιείται από την απομάκρυνση του διαλύτη, από την προσθήκη μιας διαλελυμένης ουσίας χωρίς ηλεκτρολύτη στην οποία το πολυμερές δεν είναι διαλυτό, με την προσθήκη μίας ουσίας ηλεκτρολύτη που προκαλεί μια "αλατοποίηση" ή με την τροποποίηση του pH του διαλύματος, όπως για παράδειγμα το υδατικό δυάλυμα αλγινικού νατρίου που ζελατινοποιείται με την παρουσία κατιόντων ασβεστίου,
- Σύνθετη συσσωμάτωση, όπου δύο υδροκολλοειδή διαλύματα με αντίθετα φορτία συνδυάζονται, προκαλώντας αλληλεπιδράσεις και την καταβύθιση του πολυμερικού μίγματος, οπως στην περίπτωση του συνδιασμού του αλγινικού με την χιτοζάνη, (πολυστρωματική επικάλυψη)
- Θερμική ζελατινοποίηση ή πήξη με την θέρμανση του διαλύματος μακρομορίων που περιλαμβάνει μετουσίωση, πηκτωματοποίηση, καθίζηση ή με ταχεία ψύξη του υδροκολλοειδούς διαλύματος που προκαλεί, για παράδειγμα, μια μετάβαση σε κολλοειδές πήκτωμα.

1.5 Χρήση εδώδιμων επικαλύψεων

1.5.1 Ιστορική αναδρομή

Η πρακτική της επικάλυψης ολόκληρων φρούτων έχει διεξαχθεί για αιώνες με σκοπό την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης. Η επικάλυψη των πορτοκαλιών και λεμονιών απο κερί στην Κίνα χρονολογείται από τον 12ο αιώνα [10]. Οι εδώδιμες μεμβράνες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως από τότε σε ολόκληρα φρούτα όπως το πορτοκάλι, το γκρέιπφρουτ, το λεμόνι, το μήλο και το αχλάδι, κυρίως με σκοπό τη μείωση της απώλειας νερού, με τους κηρούς να είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υλικά [5]. Στις ΗΠΑ, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων στα φρούτα χρονολογείται από τη δεκαετία του 1910, όπου ο A.F. Hoffman το 1916 κατοχύρωσε μια μέθοδο για να διατηρεί ακέραια φρούτα στην οποία τα έψυχε σε παγωμένο νερό, τα αποστείρωνε με υπεριώδεις ακτίνες και στη συνέχεια τα επικάλυπτε με λιωμένο κηρό. Το 1972, ο D. S. Bryan κατοχύρωσε μία μέθοδο για να επικαλύπτει γκρέιπφρουτ κομμένα στη μέση με πηκτίνη χαμηλής εστεροποίησης και κόμμι χαρουπιάς διαλυμένα σε χυμό γκρέιπφρουτ, αποτελώντας ένα από τα πρώτα τεκμηριωμένα παραδείγματα χρήσης εδώδιμων επικαλύψεων σε φρούτα ελάχιστης επεξεργασίας.

1.5.2 Πλεονεκτήματα

Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να εφαρμοστούν σε φρούτα ελάχιστης επεξεργασίας για να εξυπηρετήσουν διάφορες προκλήσεις που δημιουργούν τα φρεσκοκομμένα φρούτα. Μερικές από τις πιθανές χρήσεις τους είναι οι εξής [5,10] :

- Δημιουργούν μία τροποποιημένη ατμόσφαιρα γύρω από το φρούτο
- Καθυστερούν την ωρίμανση των φρούτων
- Μειώνουν την απώλεια νερού
- Καθυστερούν την αμαύρωση
- Βελτιώνουν την όψη
- Μειώνουν την απώλεια αρώματος
- Μειώνουν την ανταλλαγή υγρασίας μεταξύ των τεμαχισμένων φρούτων
- Είναι φορείς αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών ουσιών και ενυσχυτών υφής
- Δίνουν χρώμα και γεύση

Ένας λόγος για την εφαρμογή εδώδιμων επικαλύψεων σε φρούτα έτοιμα προς κατανάλωση είναι η ρύθμιση της μεταφοράς υγρασίας, αρώματος και αρωματικών ενώσεων από το φρούτο στο περιβάλλον. Ωστόσο, οι εξαιρετικά αδιαπέραστες επικαλύψεις μπορούν να προκαλέσουν αναερόβιες συνθήκες μέσα στο φρούτο που μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγής χαρακτηριστικών πτητικών αρωματικών ενώσεων σε αυτά. Παρόλα αυτά, ένα τέτοιο πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί εκμεταλλευόμενοι μια ακόμη πιθανή ικανότητα των εδώδιμων επικαλύψεων: τη χρήση επικαλύψεων ως πρόσθετων φορέων. Οι συνθέσεις των επικαλύψεων μπορούν να ενισχυθούν με την προσθήκη πτητικών ουσιών όπως των λιπαρών οξέων, τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν από τα φρούτα, προωθώντας τη σύνθεση αρωματικών ενώσεων [10].

1.5.3 Ενίσχυση εδώδιμων επικαλύψεων

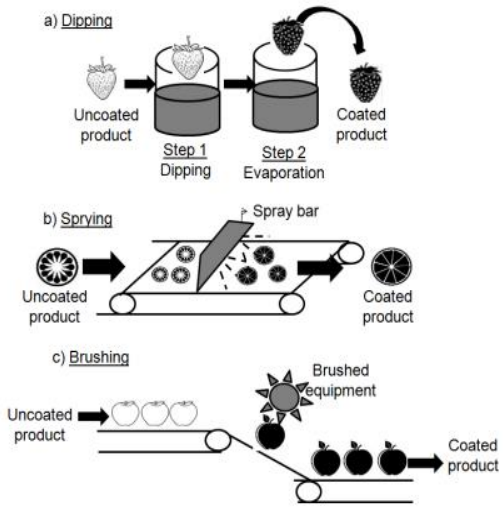
Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως φορείς πολλών άλλων προσθέτων. Επικαλύψεις που έχουν ενσωματωμένους πλαστικοποιητές όπως η γλυκερόλη ή η σορβιτόλη είναι πιο εύκαμπτες, αφού τα συγκεκριμένα πρόσθετα μειώνουν τον αριθμό των εσωτερικών δεσμών υδρογόνου μεταξύ των αλυσιδών του πολυμερούς και αυξάνουν του ελεύθερο όγκο ώστε να επιτραπεί η διάχυση του οξυγόνου και του υδρατμού μέσω του φιλμ επικάλυψης [22]. Επίσης οι γαλακτωματοποιητές προστίθενται για να βελτιώσουν την υγρασία, τη σταθερότητα και την προσκόλληση στην επιφάνεια του τροφίμου. Ακόμα, ενσωματωμένες αντιμικροβιακές ουσίες μπορούν να προστατεύσουν αποτελεσματικά τα φρεσκοκομμένα φρούτα από τη βακτηριακή μόλυνση διατηρώντας τα συντηρητικά στην επιφάνεια των κομμένων φρούτων όπου χρειάζονται, αποτρέποντας τη διάχυσή τους στον ιστό. Για παράδειγμα, η χρήση αλγινικού εμπλουτισμένου με βανιλίνη ή αιθέριο έλαιο κανέλας ως εδώδιμη μεμβράνη σε ροδάκινα αναστέλλει την ανάπτυξη ψυχρόφιλων βακτηριδίων, μούχλας και ζύμης, όπως επίσης και η ενσωμάτωση της N-ακετυλοκυστεΐνης και της γλουταθειόνης σε πηκτίνη σε αχλάδια [23].

1.5.4 Απαιτήσεις και προκλήσεις

Προκειμένου οι εδώδιμες επικαλύψεις να βελτιώσουν την ποιότητας και να αυξήσουν την διάρκεια ζωής των φρεσκοκομμένων φρούτων, θα πρέπει να πληρούν ορισμένες απαιτήσεις οι οποίες είναι οι εξής [5,10] :

- Να έχουν σταθερότητα κάτω από υψηλή σχετική υγρασία
- Να έχουν αναγνωριστεί ως ασφαλή συστατικά
- Να αποτελούν καλό φράγμα υδρατμών
- Να αποτελούν αποτελεσματικό φράγμα οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα
- Να έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες
- Να προσκολλούνται καλά στο φρούτο
- Να είναι άχρωμες και άγευστες (Εκτός αν ο στόχος της επικάλυψης είναι να προσδώσει ένα συγκεκριμένο χρώμα και γεύση στο φρούτο)
- Να έχουν ευχάριστη γεύση
- Να έχουν φυσικοχημική και μικροβιακή σταθερότητα
- Να έχουν λογικό κόστος

Πριν από την τελειοποίηση της διαμόρφωσης μιας εδώδιμης επικάλυψης, υπάρχουν μερικοί βασικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διαμόρφωση εδώδιμων επικαλύψεων στα φρούτα. Δύο από αυτούς τους παράγοντες είναι η μηχανική δομή της μεμβράνης και η ''συγγένεια'' μεταξύ του υλικού επικάλυψης και του φρούτου. Η επίστρωση φρούτων μπορεί να επιτευχθεί με εμβάπτιση, ψεκασμό ή βούρτσισμα που ακολουθείται από ξήρανση και ψύξη (εικόνα 1)[22]. Όταν τα υλικά επικάλυψης τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια των φρούτων, αναπτύσσονται δύο δυνάμεις: η συνοχή των μορίων μέσα στην επικάλυψη και η προσκόλληση μεταξύ της επικάλυψης και του φρούτου. Ο βαθμός συνοχής των μορίων επηρεάζει τις ιδιότητες της επικάλυψης, όπως την αντοχή, την ευκαμψία, και την διαπερατότητα [9]. Όσο υψηλότερη είναι η συνοχή τόσο μειώνονται οι ιδιότητες φραγμού, αερίων και νερού και τόσο μικρότερη είναι η ελαστικότητα της μεμβράνης [9]. Από την άλλη πλευρά, ο βαθμός προσκόλλησης εξαρτάται από τη χημική και ηλεκτροστατική συγγένεια του υλικού επικάλυψης με την επιφάνεια του φρούτου. Η υψηλότερη προσκόλληση εξασφαλίζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα της μεμβράνης στην επιφάνεια του φρούτου.



Εικόνα 1 : μέθοδοι επίστρωσης φρούτων: α) εμβάπτηση, β) ψεκασμός και γ) βούρτσισμα [22].

1.6 Αλγινικά άλατα

Το αλγινικό είναι ένα φυσικό βιοδιασπώμενο πολυμερες και συγκεκριμένα, ένας γραμμικός ανιοντικός πολυσακχαρήτης [24,25], που προέρχεται απο το καφέ φύκι Phaeophyceae [26]. Συντίθεται από δύο μονομερή γλυκάνης, το α- L–γουλουρονικό οξύ (μονομερές G) και το β-D-μαννουρονικό οξύ (μονομερές M) σε τυχαία διάταξη (τυχαίο συμπολυμερές) [27,28]. Είναι μία υδρογέλη, δηλαδή τρισδιάστατο πολυμερικό πλέγμα το οποίο μπορεί να απορροφίσει πάνω από το 90% του βάρους του σε νερό, χωρίς να διαλυθεί, πράγμα που το καθιστά εξαιρετικά υδρόφιλο [29]. Συναντάται σε σκόνη υπο την μορφή νατριούχου άλατος (αλγινικό νάτριο) και πολυμερίζεται όταν αναμειχθεί με νερό στους 70 ˚C, δημιουργώντας υδατικό διάλυμα. Η μετατροπή του σε στερεό πλέγμα (σχηματισμός γέλης) προκύπτει σε εξαιρετικά ήπιες συνθήκες, με την χρήση μη τοξικών αντιδραστηρίων [30], υπο την παρουσία δισθενών κατιόντων μετάλλου, κυρίως ασβεστίου, τα οποία σχηματίζουν ιοντικούς δεσμούς με τις αρνιτικά φορτισμένες καρβοξυλομάδες των μονομερών [30]. Το πλέγμα που δημιουργείται έχει τη λεγόμενη δομή ‘’αυγού-κουτιού’’. Συμπερασματικά λοιπόν, χάρη στις υδροκολλοειδείς ιδιότητές του, το αλγινικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηκτικό μέσο, σταθεροποιητής και να σχηματίσει εναιωρήματα [26], πράγμα το οποίο το καθιστά ένα απο τα πιό ιδανικά βιοπολυμερή για τη χρήση επικαλύψεων και μεμβρανών [12].

Το αλγινικό έχει χρησιμοποιηθεί σαν επικάλυψη σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων που είναι οι εξής :

Α) Φρούτα : ροδάκινα [31], νεκταρίνια [12] μήλα [32,33], κόκκινα βατόμουρα [18], χυμός ροδιού [20], κεράσια [34], φράουλες [35], πεπόνι (σε κομμάτια) [36], καρπούζι (σε κομμάτια) [13], ανανάς (σε κομμάτια) [37].

Β) Λαχανικά : καρότα [38], τομάτες[39].

Γ) Κρέατα : ψητή γαλοπούλα [40], φιλέτο κοτόπουλο [41].

Δ) Ψάρια : καπνιστός σολωμός [42],

Ε) Τυριά : μοτσαρέλα [43].

1.7 Πηκτίνη

Η πηκτίνη είναι ένα βιοπολυμερές που συντίθεται από μονάδες του μονομερούς (1→4) α-D-γαλακτοπυρανοσυλουρονικό οξύ εστεροποιημένες με μεθανόλη [17]. Προκύπτει από υδατική εκχύλιση εσπεριδοειδών ή μήλων [20] και χρησιμοποιείται σε ζελέδες φρούτων, φαρμακευτικά προϊόντα και καλλυντικά κυρίως λόγω των ιδιοτήτων πύκνωσης και γαλακτωματοποίησης και την ικανότητα να στερεοποιείται σε πήκτωμα [22]. Στην φύση περίπου το 80% αυτων των καρβοξυλομάδων εστεροποιούνται με μεθανόλη. Αυτή η αναλογία μειώνεται σε διαφορετικό βαθμό κατά τη διάρκεια της εκχύλισης πηκτίνης. Η αναλογία εστεροποιημένων ως προς μη εστεροποιημένων καρβοξυλομάδων καθορίζει τα χαρακτηριστικά της πηκτίνης στις εφαρμογές τροφίμων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι πηκτίνες ταξινομούνται ως πηκτίνες υψηλής εστεροποίησης (HM pectin) και πηκτίνες χαμηλής εστεροποίησης (LM pectin) [22]. Οι πηκτίνες χαμηλής εστεροποίησης λόγω του μεγάλου ποσοστού των ελεύθερων καρβοξυλομάδων έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν ισχυρές γέλες κατά τις αντιδράσεις με κατιόντα δισθενών μετάλλων, όπως ασβέστιο, ακριβώς όπως και το αλγινικό. Η πηκτίνη χρησιμοποιείται κυρίως ως πηκτικός παράγοντας, και ως σταθεροποιητής [22]. Λόγω της ικανότητας να σχηματίζει ισχυρές γέλες, χρησιμοποιείται συχνά και ως εδώδιμη μεμβράνη [44]. Πιό συγκεκριμένα έχει χρησιμοποιηθεί σε μία πληθώρα φρούτων, όπως για παράδειγμα: σε ροδάκινα [16], νεκταρίνια [21], μάνγκο [45], φράουλες [46], αχλάδια [23], μήλα [47], κόκκινα βατόμουρα [18], κομμένα πεπόνια [44], και κομμένα καρπούζια [13].

1.8 Πολυστρωματικές επικαλύψεις

Οι πολυστρωματικές επικαλύψεις έχουν αρχίσει να κερδίζουν το ενδιαφέρον κυρίως όταν υπάρχει πρόβλημα στην προσκόλληση μεταξύ των επικαλύψεων και των φρούτων. Στην τεχνική layer-by-layer τα φρούτα εμβαπτίζονται σε διαφορετικά διαλύματα με αντίθετα φορτισμένες πολυμερικές αλυσίδες με στόχο την επίτευξη ισχυρών χημικών δεσμών μεταξύ τους [13,22]. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διπλή επίστρωση απο αλγινικό και χιτοζάνη σε έτοιμα προς κατανάλωση νεκταρίνια [48]. Στην συγκεκριμένη τεχνική έχουν χρησιμοποιηθεί και πηκτές που σχηματίζουν γέλες με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή, πηκτίνη με αλγινικό, όπου πήζουν παρουσία ιόντων ασβεστίου για την επικάλυψη κομματιών καρπουζιού [13].

1.9 Αντιμικροβιακές ουσίες

Για να μειωθεί η πιθανότητα επιμόλυνσης των τροφίμων απο μικροοργανισμούς, είτε παθογόνους είτε αλλοιογόνους, είναι απαραίτητη η παρουσία αντιμικροβιακών ή αντιοξειδωτικών ουσιών. Οι ουσίες αυτές μπορούν να ενσωματωθούν ή να επικαλυφθούν στα υλικά συσκευασίας των τροφίμων [49]. Στην περίπτωση των εδώδιμων μεμβρανών, ενσωματώνονται στο πολυμερές πρίν απο την επικάλυψη του τροφίμου. Αυτή η ιδέα έχει μελετήθεί επιτυχώς σε διάφορα προϊόντα της φυτικής προέλευσης (Πίνακας 1)

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αντιμικροβιακών ουσιών οπού αναλυτικά είναι οι εξής :

- Δραστικές ουσίες ή/και τα αιθέρια έλαια βοτάνων και μπαχαρικών [16,41]
- Οξέα : κιτρικό [50], οξικό [51], μαλικό [36], ασκορβικό [22]
- Βακτηριοσίνες : νισίνη [42], πεδιοσίνη [15]

Πίνακας 1: Παραδείγματα χρήσης εδώδιμων επικαλύψεων εμπλουτισμένων με αντιμικροβιακούς παράγοντες σε διάφορα προϊόντα φυτικής προέλευσης [11, 18, 31, 36]

Υλικό επικάλυψης	Αντιμικροβιακός παράγοντας (συγκέντρωση)	Τρόφιμο	Μικροοργανισμός στόχος
Αλγινικό νάτριο	Αιθέριο έλαιο λεμονόχορτου (0,1% 0,3% και 0,5% (w/w))	Κομμάτια ανανά	ΟΜΧ, ζύμες και μύκητες
Αλγινικό νάτριο	Αιθέριο έλαιο κανέλας ή μαστίχας (0,33% και 0,7% (v/v))	Κομμάτια μήλου, αχλαδιού και μπανάνας	*Listeria monocytogenes* και *E. coli O157:H7*
Αλγινικό νάτριο ή πηκτίνη	Κιτράλη ή ευγενόλη (0,15% και 0,1% αντίστοιχα (v/v))	Κόκκινα βατόμουρα	ΟΜΧ, ψυχρόφιλα βακτήρια, ζύμες και μύκητες
Αλγινικό νάτριο	Βανιλλίνη ή trans-κινναμικό οξύ (0,1 w/v και 0,015 w/v αντίστοιχα)	Κομμάτια ροδάκινου	Ψυχρόφιλα βακτήρια, ζύμες και μύκητες
Αλγινικό νάτριο	Αιθέριο έλαιο κανέλας, παλμαρόζας και λεμονόχορτου (0,3% ή 0,7% (v/v))	Κομμάτια πεπονιού	*Salmonella Enteritidis*

1.9.1 Αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια ορίζονται ως προϊόντα κατασκευασμένα από καθαρά, ταυτοποιημένα ακατέργαστα υλικά φυτικής προέλευσης, που προκύπτουν από υγρή απόσταξη, απόσταξη ατμού, μηχανικές διεργασίες ή ''ξηρή'' απόσταξη ορισμένων ξύλων [52]. Αποτελούν πτητικές, φυσικές, σύνθετες ενώσεις, εξαιρετικά υδρόφοβες, που χαρακτηρίζονται από ισχυρή οσμή και σχηματίζονται από αρωματικά φυτά ως δευτερεύοντες μεταβολίτες [53,54]. Εκτιμάται ότι 3000 αιθέρια έλαια είναι γνωστά, από τα οποία περίπου 300 είναι εμπορικά σημαντικά, που προορίζονται κυρίως για βιομηχανίες φαρμάκων, αγρονομίας, τροφίμων, υγιεινής, καλλυντικών και αρωμάτων [53,54]. Τα αιθέρια έλαια και τα συστατικά τους παρουσιάζουν ενδιαφέρουσες αντιμικροβιακές, αντιμυκητιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες [55]. Πολλές μελέτες αναφέρονται στη βιοδραστική τους φύση [55]. Παρόλο που όλα τα συστατικά των αιθέριων ελαίων μπορεί να παρουσιαστούν τις παραπάνω ιδιότητες, ορισμένες μελέτες προσπαθούν να προσδιορίσουν ποιες ενώσεις είναι υπεύθυνες για το κύριο αντιοξειδωτικό ή αντιμικροβιακό αποτέλεσμα. Η καρβακρόλη, η θυμόλη, η ευγενόλη είναι, για παράδειγμα,

τα κύρια συστατικά που ευθύνονται για την αντιοξειδωτική δράση του βασιλικού, θυμαριού και κανέλας [56,57]. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται διάφορα αιθέρια έλαια με τα κύρια συστατικά τους, τα οποία παρουσιάζουν αντιμικροβιακές ιδιότητες.

Πίνακας 2: Είδη αιθέριων ελαίων και τα κύρια συστατικά τους [52]

Είδος αιθέριου έλαιου	Λατινική ονομασία φυτού	Κύρια συστατικά
Κόλιανδρο	*Coriandrum sativum*	Λιναλοόλη
Κανέλα	*Cinnamomum zeylandicum*	Trans-κινναμαλδεΰδης Κινυμικό οξύ
Ρίγανη	*Origanum vulgare*	Καρβακρόλη Θυμόλη γ- τερπινένη ρ- κυμένιο
Δενδρολίβανο	*Rosmarinus officinalis*	α-πινένιο Οξικό άλας βορίου κάμφορα 1,8-κινεόλη
Φασκόμηλο	*Salvia officinalis L.*	α-πινένιο β-πινένιο κάμφορα 1,8-κινεόλη a-Θουιόνη βορνεόλη βιριδιφλορόλη
Γαρύφαλλο	*Syzygium aromaticum*	Ευγενόλη Οξεικό ευγενένιο Καρυοφυλλένιο
Θυμάρι	*Thymus vulgaris*	Καρβακρόλη Θυμόλη γ- τερπινένη ρ- κυμένιο
Μέντα	*Mentha pubescens*	Μινθόλη
Λεβάντα	*Levandula*	Λιναλοόλη

		Οξεικό λινάλιο
Κάρδαμο	*Cardamomum*	Λιναλοόλη
Κύμινο	*Cuminum*	Καρβόνη
Αμύγδαλο		Βενζοϊκό οξύ
Λεμόνι	*Citrus limon*	Κιτράλη Λιμονένιο βαλενσένιο οκιμένιο
Γεράνι	*Geranium*	Οξεικό γερανύλιο
Πορτοκάλι	*Citrus sinensis*	Λιμονένιο
Αστεροειδής γλυκάνισος	*Pimpinella anisum*	Πινένιο
Περγαμόντο	*Citrus bergamia*	Λιμονένιο Λιναλοόλη
Ευκάλυπτος	*Eucalyptus globulus*	Ευκαλυπτόλη
Δέντρο τσαγιού	*Melaleuca alternifolia*	Τερπινεν-4-όλη γ- τερπινένη α- τερπινένη 1,8-κινεόλη

Ορισμένα αιθέρια έλαια έχουν τις ίδιες δραστικές ουσίες, η διαφορά τους είναι οτι σε κάθε έλαιο είναι σε διαφορετικά ποσοστά [52].

1.9.1.1 Η δράση τους

Λόγω του μεγάλου αριθμού των συστατικών, τα αιθέρια έλαια φαίνεται να μην έχουν συγκεκριμένους κυτταρικούς στόχους [58]. Δεδομένου οτι είναι λιπόφιλα, περνούν μέσα από το κυτταρικό τοίχωμα και την κυτταροπλασματική μεμβράνη, διαταράσσουν τη δομή των διαφορετικών στρωμάτων πολυσακχαριτών, λιπαρών οξέων και φωσφολιπιδίων και τα διαπερνούν. Η κυτταροτοξικότητα φαίνεται να περιλαμβάνει τέτοια βλάβη μεμβράνης. Στα βακτήρια, η διαπερατότητα των μεμβρανών συνδέεται με απώλεια ιόντων και μείωση του δυναμικού της μεμβράνης, κατάρρευση της αντλίας πρωτονίων και την εξάντληση της δεξαμενής ATP. Τα αιθέρια έλαια μπορούν να πήξουν το κυτταρόπλασμα [59] να

προκαλέσουν ζημιές στα λιπίδια και να μετουσιώσουν τις πρωτεΐνες [60]. Βλάβη στο τοίχωμα του κυττάρου και τη κυταρροπλασματική μεμβράνη μπορεί να οδηγήσει στη διαρροή μακρομορίων και στη λύση [59].

1.9.2 Βανιλίνη

Η βανιλίνη (4-υδροξυ-3-μεθοξυβενζαλδεϋδη) είναι το κυριότερο συστατικό των σπόρων βανίλιας και χρησιμοποιείται ευραίως σαν αρωματικό στις βιομηχανίες τροφίμων. Η πηγή της βανίλιας είναι ο ''σπόρος'', ή η φλούδα, της τροπικής ορχιδέας βανίλιας (κυρίως Βανίλια planifolia Andrews) [61]. Η βανιλίνη σύμφωνα με έρευνες έχει όπως και τα αιθέρια έλαια αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές και αντιμυκητιακές ιδιότητες [62]. Η ομάδα αλδεϋδης στην βανιλίνη είναι η κύρια υπεύθυνη για την αντιμικροβιακή δράση της. Λόγω της υδρόφοβης φύσης της, ο αντιμικροβιακός μηχανισμός της βανιλίνης βασίζεται κυρίως στην ικανότητά του να καταστρέφει την πλασματική μεμβράνη των βακτηρίων μέσω αλληλεπίδρασης με τα λιπίδια ή τις πρωτεΐνες, ή και με τις δύο δομές, με επακόλουθη απώλεια των ιοντων και αναστολή της αναπνευστικής δραστηριότητας [62], όπως αντίστοιχα και ο αντιμικροβιακός μηχανισμός των αιθερίων ελαίων.

1.10 *Listeria monocytogenes*

1.10.1 Συμπτώματα λοίμωξης

Listeria monocytogenes είναι μολυσματικός παθογόνος μικροοργανισμός που προκαλεί την λοίμωξη λιστερίωση [63]. Πρόκειται για ένα προαιρετικά αναερόβιο μικροοργανισμό ικανό να επιβιώσει με την παρουσία ή την απουσία οξυγόνου [64]. Μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί μέσα στα κύτταρα του ξενιστή και είναι ένας από τους πιο μολυσματικούς παθογόνους μικροοργανισμούς τροφίμων, με το 20 έως 30% των λοιμώξεων από λιστερίωση που προκαλούνται σε άτομα υψηλού κινδύνου να είναι θανατηφόρα [65]. Τα συμπτώματα της λιστερίωσης περιλαμβάνουν εμετό, ναυτία, κράμπες στο στομάχι και διάρροια [65]. Μπορεί όμως και να προκαλέσει μία ποικιλία ασθενειών συμπεριλαμβανομένων λιμώξεων κατά την εγκυμοσύνη που κυμαίνονται από ένα ήπιο κρύωμα ως μια σοβαρή ασθένεια που μπορεί να προκαλέσει μία πρόωρη γέννα ή αποβολή και μηνιγγιτιδα σε νεογέννητα μωρά [65]. Συψεμία και μηνιγγίτιδα μπορεί να επέλθει και σε ενήλικες των οποίων η ανοσία στην λοίμωξη έχει υποστεί βλάβη, όπως εκείνοι που πάσχουν από καρκίνο, λευχαιμία ή είναι ασθενείς που έχουν κάνει μεταμόσχευση οργάνων και άτομα με σύνδρομο επίκτητης ανοσοανεπάρκειας, γενικότερα δηλαδή τα ανοσοκατεσταλμένα άτομα. Η μόλυνση συμβαίνει και σε υγιεις ενηλικες και παιδιά αλλα είναι εξαιρετικά σπάνιο. Τα ανοσοκατεσταλμένα άτομα βέβαια βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο, όπως επίσης και τα έμβρυα, τα νεογέννητα και οι έγκυες γυναίκες [65]. Η μόλυνση μπορεί να θεραπευτεί με αντιβιοτικά αλλά στο ένα τρίτο των περιπτώσεων η ασθένεια είναι θανατηφόρα [64].

1.10.2 Χαρακτηριστικά

Είναι ένα Gram-θετικό, μη-σποριογόνο, κινητό, ραβδόμορφο βακτήριο, και υπάρχουν διάφορα είδη κάποια απο τα οποία είναι τα εξής : *L. monocytogenes*, *L. innocua* και *L. seeligeri*. Από αυτά η *L. monocytogenes* όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι παθογόνο [63] και περιέχει διάφορους ορότυπους: 1/2a, 1/2b, 1/2c, 4a, 4b, 4c. Αναπτύσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 3 έως 45˚C και pH μεταξύ 4.7 εώς 9.2 [63]. Παρόλα αυτά όμως έχει θερμοανθεκτικές ιδιότητες, μπορεί δηλαδή να επιζήσει σε υψηλές θερμοκρασίες (περίπου στους 50 ˚C) και να επιβιώνει σε εκθέσεις χαμηλών τιμών pH. Επιπλέον μπορεί να αναπτύσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες μεταφοράς ή αποθήκευσης τροφίμων

(ψυχροτροπικές ιδιότητες) [66] , κάτι το οποίο έχει σημασία τόσο στη βιομηχανία τροφίμων όσο και στη δημόσια υγεία.

1.10.3 Κρούσματα

Εξαιτίας της ανθεκτικότητας και της ανεκτικότητά της σε συνθήκες καταπόνησης, ο *Listeria monocytogenes* εμφανίζεται συχνά εκτος απο κρέατα και σε προϊόντα έτοιμα προς κατανάλωση (RTE) τα οποία διατηρούνται στο ψυγείο, όπως αλλαντικά, τυριά, σαλάτες, καπνιστά ψάρια αλλά και σε έτοιμα γεύματα, ακόμα και σε φρούτα και λαχανικά [67].

Πίνακας 3: Καταγεγραμένα κρούσματα λιστερίωσης κατά την περίοδο 1994-2015 [68,69,70]:

Έτος	Προϊόν	Χώρα	Κρούσματα(θανάτοι)
1994	Σοκολάτα γάλακτος	ΗΠΑ	4
1997	Καπνιστό ψάρι	Γερμανία	9 (2)
1997	Κονσέρβα καλαμποκιού	Ιταλία	2930 (0)
2002	Προμαγειρεμένο RTE κρεατοσκεύασμα γαλοπούλας	ΗΠΑ	54 (11)
2010-2016	Κομμάτια κοτόπουλο	Αγγλία και Ουαλία	166(46)
2010	Κομμένο σέλερι	ΗΠΑ	55(5)
2010-2015	Παγωτό	ΗΠΑ	
2011	Πεπόνι Cantaloupe	ΗΠΑ	147(47)
2014	Βλαστοί φασολιών	ΗΠΑ	5(2)
2014	Πυρηνόκαρπα φρούτα (ροδάκινα, νεκταρίνια, δαμάσκηνα)	Καλιφόρνια	2 (0)
2014-2015	Καραμελωμένα μήλα	ΗΠΑ	35 (7)

1.10.4 Ευρωπαικός Κανονισμός

Ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός (ΕΚ) 2073/2005, καθιερώνει τα μικροβιολογικά κριτήρια στα τρόφιμα. Για την *Listeria monocytogenes* στην κατηγορία των έτοιμων προς κατανάλωση τροφίμων ισχύουν τα εξής : για τα τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση που προορίζονται για βρέφη για ειδικούς ιατρικούς σκοπούς τα κριτήρια είναι απουσία της *L. monocytogenes* σε 25 γραμμάρια προϊόντος σε προϊόντα που διατίθενται στην αγορά κατά τη διάρκεια διατήρησής τους. Σε τροφιμα έτοιμα για κατανάλωση ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξη *L. monocytogenes* διαφορετικά από εκείνα που προορίζονται για βρέφη και για ειδικούς ιατρικούς σκοπούς τα κριτήρια είναι 100 cfu ανά γραμμάριο προϊόντος στα προϊόντος που διατίθενται στην αγορά κατά τη διάρκεια διατήρησής τους και απουσία σε 25 γραμμάρια πριν το τρόφιμο αποδεσμευτεί από τον άμεσο έλεγχο του υπευθύνου της επιχείρησης τροφίμων που το παρήγαγε. Τέλος σε τρόφιμα έτοιμα για κατανάλωση μη ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξη *L. monocytogenes* διαφορετικά από εκείνα που προορίζονται για βρέφη και για ειδικούς ιατρικούς σκοπούς τα κριτήρια είναι 100 cfu ανά γραμμάριο προϊόντος σε προϊόντα που διατίθενται στην αγορά κατά τη διάρκεια διατήρησής τους.

1.10.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την επιβίωση των μικροοργανισμών στα τρόφιμα διαχωρίζονται σε τέσσερις ομάδες : α) τους ενδογενείς παράγοντες, β) τους εξωγενείς παράγοντες, γ) τους τρόπους επεξεργασίας και συντήρησης και δ) τους ‘’έμμεσους’’ παράγοντες [71].

Οι ενδογενείς παράγοντες είναι οι φυσικές, χημικές και δομικές ιδιότητες που ενυπάρχουν στο ίδιο το φαγητό. Οι σημαντικότεροι ενδογενείς παράγοντες είναι η ενεργότητα ύδατος (Aw), το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά και οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες [71]. Οι εξωγενείς παράγοντες είναι παράγοντες στο περιβάλλον στο οποίο αποθηκεύεται ένα τρόφιμο, κυρίως θερμοκρασία συντήρησης, η σχετική υγρασία και ατμοσφαιρική σύνθεση [71]. Ο τρίτος παράγοντας έχει σχέση με τις φυσικές ή χημικές επεξεργασίες που συχνά οδηγούν σε αλλαγές στα χαρακτηριστικά ενός τροφίμου. Οι έμμεσοι παράγοντες έχουν σχέση με συνεργιστικές ή ανταγωνιστικές επηροές των παραπάνω παραγόντων.

Στην περίπτωση της *L. Monocytogenes* μεγαλύτερη επιρροή φαίνεται να έχουν σύμφωνα με την βιβλιογραφία η θερμοκρασία, το pH και η ενεργότητα ύδατος (Aw), τα οποία όπως και σε άλλα βακτήρια όταν βρίσκονται σε βέλτιστα επίπεδα, η ανθεκτικότητα του μικροοργανισμού γίνεται μέγιστη [64].

2. Στόχοι και υπόθεση

Τα θερμικώς επεξεργασμένα φρούτα περνούν από κάποιες διαδικασίες όπως το ξεφλούδισμα, το κόψιμο, η συσκευασία και η πλήρωση με χυμό ή σιρόπι και η θερμική επεξεργασία με αποτέλεσμα να είναι περισσότερο ασφαλή και να καταναλώνονται όλο τον χρόνο . Όμως λόγω της συσκευασίας τους και της παρουσίας του υγρού μέσου μειώνεται η λειτουργικότητά τους σε περίπτωση που κάποιος καταναλωτής θα ήθελε να τα καταναλώσει σαν σνακ, εν κινήσει. Έτσι μπορεί να γίνει περαιτέρω επεξεργασία (κόψιμο) και συσκευασία σε σακουλάκι χωρίς το υγρό πλήρωσης (Σχήμα 1). Ωστόσο με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να προκύψει πιθανή επιμόλυνση στην επιφάνεια των φρούτων που μπορεί να θεσει σε κίνδυνο την ασφάλειά τους. Έτσι, η αποτροπή της ανάπτυξης των παθογόνων μικροοργανισμών είναι μία πρόκληση που πρέπει να αντιμετωπίσει σήμερα η βιομηχανία τροφίμων

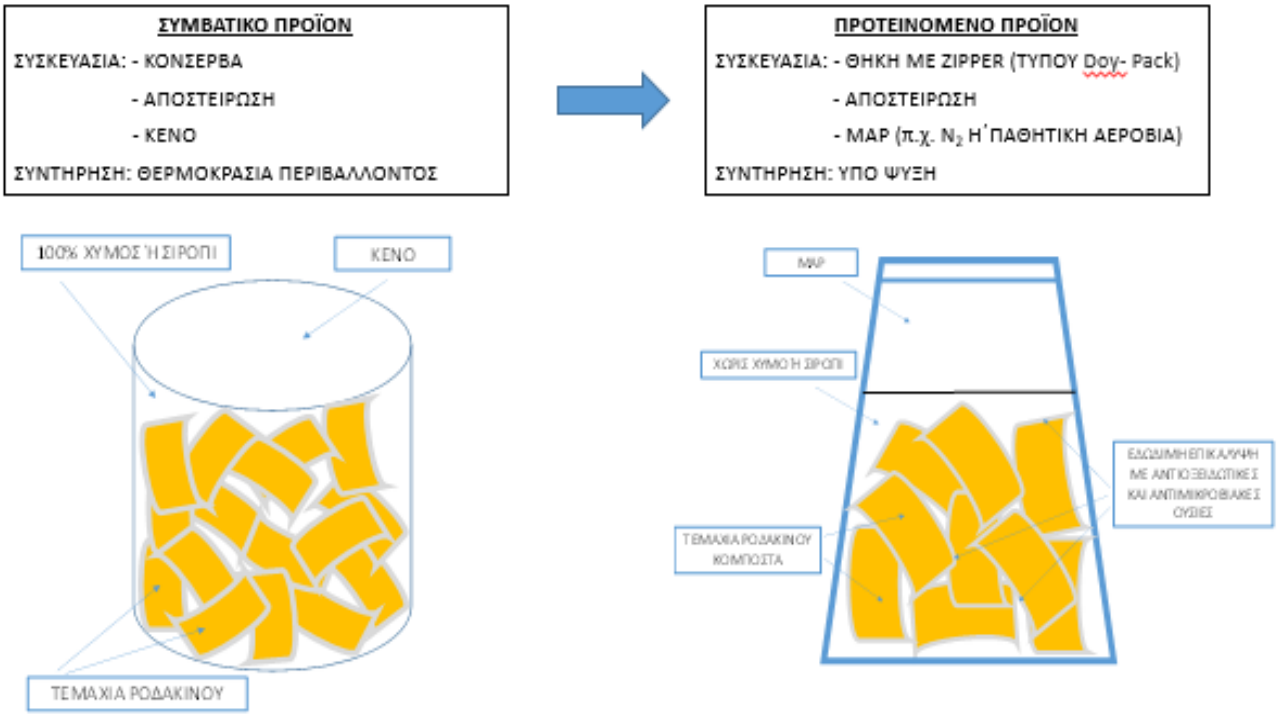
Στο πλαίσιο αυτό, οι εδώδιμες επικαλύψεις οι οποίες περιέχουν αντιμικροβιακές ουσίες, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία αφού μπορούν να εφαρμοστούν στα κομμένα φρούτα και να μειώσουν τα επιβλαβή αποτελέσματα. Η χρήση των εδώδιμων επικαλύψεων για ένα ευρύ φάσμα προϊόντων τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων και των θερμικώς επεξεργασμένων φρούτων, έχει μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί οι επικαλύψεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα τροφίμων με παράλληλη δράση ως χρωστικά, αρωματικά, ή θρεπτικά συστατικά και αντιμικροβιακά τα οποία μπορούν να μειώσουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών στη επιφάνεια των τροφίμων

Η ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών σε εδώδιμες μεμβράνες ή επικαλύψεις αποτελεί ένα σύγχρονο τρόπο βελτίωσης της ασφάλειας των έτοιμων προς κατανάλωση τροφίμων. Μερικές από τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες –για το σκοπό αυτό- αντιμικροβιακές ουσίες είναι το βενζοϊκό οξύ, το σορβικό οξύ, οι βακτηριοσίνες, η βανιλίνη και τα αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια και η βανιλίνη έχουν, αξιολογηθεί για την ικανότητά τους να προστατεύουν από παθογόνα βακτήρια μολυσμένα κομμάτια πεπονιού και μολυσμένα κομμάτια μήλου(*Raybaudi-Massila et al., 2008 και Rojas et al 2007 αντίστοιχα*).Αυτές οι ενώσεις χαρακτηρίζονται ως GRAS (Generally Recognized as Safe) και χρησιμοποιούνται ως ενισχυτές γεύσης σε διάφορα τρόφιμα. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να προστεθούν σε εδώδιμες μεμβράνες και να προσφέρουν αντιμικροβιακές ιδιότητες. Θεωρούνται ως εναλλακτικές λύσεις στα χημικά συντηρητικά, και η χρήση τους στα τρόφιμα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των καταναλωτών.

Η μελέτη ενσωμάτωσης των αντιμικροβιακών ουσιών είναι ένας τομέας που τώρα αρχίζει να μελετάται, με αποτέλεσμα να είναι λίγες οι σχετικές μελέτες σε τεμαχισμένα φρούτα.

Οι μεμβράνες από αλγινικά άλατα και πηκτίνη που περιέχουν φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες έχουν μελετηθεί σε μικρότερο βαθμό. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθούν οι επιδράσεις δύο φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών (βανιλίνης και αιθέριου έλαιου κανέλας) ενσωματωμένα σε ενδώδιμες επικαλύψεις αλγινικού νατρίου, πηκτίνης και τον συνδιασμό τους. Ως στόχος έχει επιλεγεί ένα βακτήριο (*Listeria monocytogenes*) ο ρυθμός μείωσης του οποίου διερευνήθηκε σε φέτες ροδακίνου-κομπόστα τα οποία συντηρήθηκαν στους 4˚C σε αερόβιες συνθήκες



Σχήμα 1: Χαρακτηριστκά συμβατικού προιόντος που κυκλοφορεί στη αγορά (αριστερά) και προτεινόμενου προϊόντος-στόχου της παρούσας μελέτης (δεξιά).

3. Υλικά και μέθοδοι

3.1 Προετοιμασία ροδακίνων

Κομπόστα από ροδάκινα κομμένα στη μέση αγοράστηκαν απο τοπικό supermarket και αφού μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, κόπηκαν υπο ασηπτικές συνθήκες, σε φέτες βάρους περίπου 13 έως 18 γραμμάρια.

3.2 Στελέχη μικροοργανισμών

Τα στελέχη του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes* ελήφθησαν από την μικροβιακή συλλογή του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Τα στελέχη του μικροοργανισμού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη συνοψίζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Στελέχη του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes* που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

στέλεχος	ορότυπος	Πηγή απομόνωσης
C5	4b	Επιφάνεια από βιομηχανία γάλακτος
Scott A	4b	Άνθρωπο
Egd-e	1/2a	

3.3 Προετοιμασία εμβολίου

Όλα τα στελέχη ήταν αποθηκευμένα σε θρεπτικό υλικό Tryptone Broth Agar (Lab M) με 0,6% Yeast Extract (Lab M), TSBYE με 20% v/v γλυκερόλη στους -20 ˚C. Για μικρού μήκους συντήρηση, πραγματοποιούταν γραμμική εξάπλωση (streaking) σε τρυβλία Tryptone Soya Agar (Lab M) με 0,6% w/v Yeast Extract (Lab M), μετά από δύο ανανεώσεις (24 h και 18 h) σε TSBYE (βλ. ανανέωση μικροοργανισμών). Τα τρυβλία φυλάσσονταν σε θερμοκρασία 2-4 ˚C και χρησιμοποιούνταν έως τέσσερις εβδομάδες.

3.4 Ανανέωση μικροοργανισμών

Για την προετοιμασία του εμβολίου προηγήθηκε η φάση ανανέωσης των μικροοργανισμών και ο καθαρισμός του εμβολίου. Η ανανέωση των μικροοργανισμών έγινε προκειμένου οι μικροοργανισμοί να ανακτήσουν τη ζωτικότητά τους και να καταστούν άμεσα έτοιμοι για ανάπτυξη. Περιλήφθηκαν δύο ανακαλλιέργειες σε κατάλληλο θρεπτικό υπόστρωμα για 24h και 18h αντίστοιχα. Ο καθαρισμός του εμβολίου είχε σκοπό την απομάκρυνση του θρεπτικού υλικού και όλων των μικροβιακών μεταβολιτών που υπήρχαν στο μέσο.

Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια βακτηριακού κρίκου, λήφθηκε μονή βακτηριακή αποικία και υπο ασυπτικές συνθήκες μεταφέρθηκε σε 10 ml αποστειρωμένο Tryptone Soya Broth με Yeast Extract (0,6 % w/v) TSBYE σε σωλήνα Falcon χωρητικότητας 15ml. Ακολούθησε καλή ανάδευση σε αναδευτήρα Vortex και επώαση για 24h στους 30˚C (πρώτη ανανέωση). Στη συνέχεια όγκος 100 μl από την πρώτη ανανέωση μεταφέρθηκε υπο ασυπτικές συνθήκες σε 10 ml νέου αποστειρωμένου TSBYE σε σωλήνα Falcon χωρητικότητας 15 ml. Ακολούθησε καλή ανάδευση σε αναδευτήρα Vortex και επώαση, για 18h στους 30˚C (δεύτερη ανανέωση).

Για τον καθαρισμό του εμβολίου η καλλιέργεια (από την δεύτερη ανανέωση) φυγοκεντρίθηκε σε θερμοκρασία 4˚C με ταχύτητα 3600 rpm για 10 λεπτά. Ακολούθησε απόρριψη του υπερκείμενου και επαναδιάλυση του ιζήματος σε 10 ml ορό Ringer (Lab M). Το παραπάνω βήμα επαναλήφθηκε δύο φορές και τελικά το ίζημα επαναδιαλύθηκε σε επιθυμητό όγκο ορού Ringer.

3.5 Προετοιμασία πηκτών

Δύο διαφορετικές πηκτές προετοιμάστηκαν.

- Διάλυμα αλγινικού νατρίου: Υδατικό διάλυμα αλγινικού νατρίου συγκέντρωσης 1,5% (w/v) προετοιμάστηκε, διαλύοντας άλας αλγινικού νατρίου (Alginic Acid sodium salt, PanReac Applichem) σε αποιονισμένο νερό υπο συνεχή ανάδευση στους 70˚C, για περίπου 3 ώρες και αφού έφτασε σε θερμοκρασία δωματίου προστέθηκε σε αυτό 1% (v/v) εξευγενισμένη γλυκερόλη (min 99.8%, CHEMCO). Έπειτα το διάλυμα παρέμεινε σε θερμοκρασία 4˚C για 12 ώρες προκειμένου να

απομακρυνθούν φυσαλίδες αέρα. Το διάλυμα πριν χρησιμοποιηθεί ήταν σε θερμοκρασία δωματίου.

- Διάλυμα πηκτίνης : υδατικό διάλυμα πηκτίνης συγκέντρωσης 3% (w/v) προετοιμάστηκε, διαλύοντας πηκτίνη χαμηλής εστεροποίησης (Pectin E440ii LMA-105, idealfoods) σε αποιονισμένο νερό υπο συνεχή ανάδευση στους 70˚C για περίπου 2 ώρες και αφού ψύχθηκε σε θερμοκρασία δωματίου, προστέθηκε σε αυτό εξευγενισμένη γλυκερίνη (min 99.8%, CHEMCO) σε αναλογία : βάρος γλυκερόλης/βάρος πολυμερούς = 0,28. Έπειτα το διάλυμα παρέμεινε σε θερμοκρασία 4 ˚C για 12 ώρες όπως και στην περίπτωση του αλγινικού. Το διάλυμα πριν χρησιμοποιηθεί ήταν σε θερμοκρασία δωματίου.

Για την προετοιμασία των ροδακίνων κομπόστας σε φέτες που είχαν συνδυασμό αλγινικού και πηκτίνης (πολυστρωματική επικάλυψη), τα διαλύματα που προετοιμάστηκαν ήταν τα παραπάνω

Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε ως αντιμικροβιακό η βανιλίνη (Sigma), η κατάλληλη ποσότητα (0,3% w/v και 0,6% w/v) προστέθηκε στα διαλύματα των πηκτών μετά την προσθήκη της γλυκερόλης, σε ασηπτικές συνθήκες υπό συνεχή, ήπια ανάδευση.

Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε ως αντιμικροβιακό το αιθέριο έλαιο κανέλας (Μανδραγόρας), η κατάλληλη ποσότητα (0,3% v/v και 0,6% v/v) προστέθηκε στα διαλύματα των πηκτών μετά την προσθήκη της γλυκερόλης, σε ασηπτικές συνθήκες και έπειτα πραγματοποιήθηκε ανάδευση στο μηχάνημα ultra tyrrax με ταχύτητα 26000 rpm προκειμένου να μετατραπεί σε γαλακτώμα, λόγω της υδρόφοβης φύσης του αιθέριου ελαίου.

Στις περιπτώσεις της διπλής επικάλυψης, εμπλουτισμένων με τα αντιμικροβιακά, προκειμένου να επιτευχθούν οι συγκεντρώσεις 0,3 και 0,6% προετοιμάστηκαν διαλύματα αλγινικού και πηκτίνης με συγκεντρώσεις αντιμικροβιακών 0,15 και 0,3% αντίστοιχα.

Οι περιπτώσεις προς εξέταση και η κωδικοποίησή τους στην παρούσα μελέτη είναι η εξής:

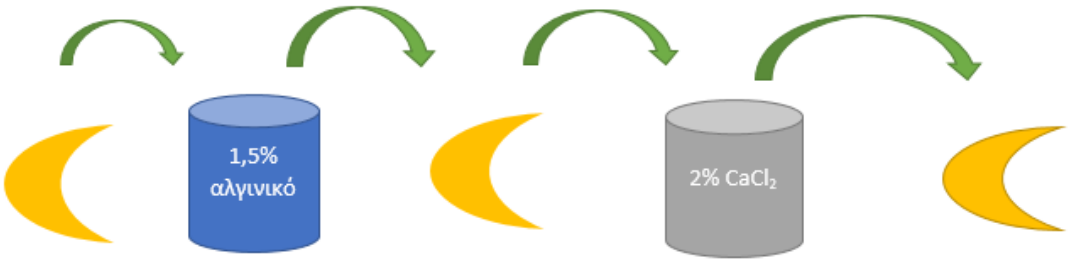
1) Ροδάκινα - κομπόστα χωρίς επικάλυψη μεμβράνης, (C),
2) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου (SA),
3) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. βανιλίνη (SA+0.3%V),
4) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. βανιλίνη (SA+0.6%V),

5) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας (SA+0.3%C),
6) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας (SA+0.6%C),
7) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης (P)
8) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. βανιλινη (P+0.3%V),
9) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. βανιλινη (P+0.6%V),
10) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας (P+0.3%C),
11) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας (P+0.6%C),
12) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού (DEC),
13) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. βανιλίνης (DEC+0,3%V),
14) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. βανιλίνης (DEC+0,6%V),
15) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας (DEC+0,3%C),
16) Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας (DEC+ 0,6%C)

3.6 Προετοιμασία ροδακίνων με επικάλυψη

Αφού ολοκληρώθηκε η προετοιμασία των ροδακίνων και των πηκτών, ξεκίνησε η διαδικασία για την προετοιμασία των ροδακίνων, η οποία ήταν η εξής : σε ασηπτικές συνθήκες, τα κομμάτια απο τα ροδάκινα εμβολιάστηκαν με 30 μl (ο πληθυσμός του μικροοργανισμού υπολογίστηκε στους 9 λογάριθμους) από το μείγμα των τριών στελεχών του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes*. Αμέσως μετά τον εμβολιασμό, τα ροδάκινα τοποθετήθηκαν σε επωαστικό θάλαμο, στους 4˚C για 30 λεπτά, έτσι ώστε να επιτευχθεί η προσκόλληση των μικροοργανισμών στα ροδάκινα. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν οι εμβαπτήσεις των ροδακίνων στις πηκτές και ο σχηματισμός των εδώδιμων μεμβρανών (βλ. αλγινικά άλατα και πηκτίνη).

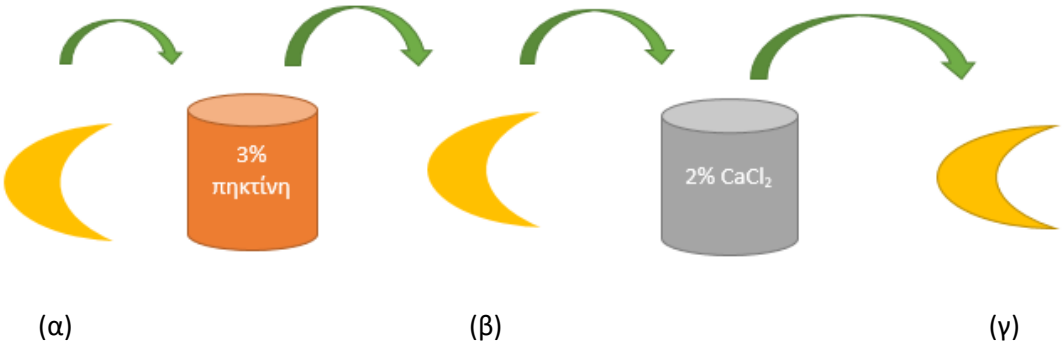
Για τις περιπτώσεις όπου σαν επικάλυψη χρησιμοποιήθηκε το αλγινικό νάτριο, οι φέτες ροδάκινων (Σχήμα 2) εμβαπτίστηκαν στο διάλυμα του αλγινικού για 1 λεπτό και έπειτα εμβαπτίστηκαν σε υδατικό διάλυμα συγκέντρωσης 2% (w/v) χλωριούχου ασβεστίου (Calcium chloride 6-hydrate, Panreac Applichem) για 1 λεπτό , έτσι ώστε να σχηματιστεί γέλη, (βλ. αλγινικά άλατα).



(α) (β) (γ)

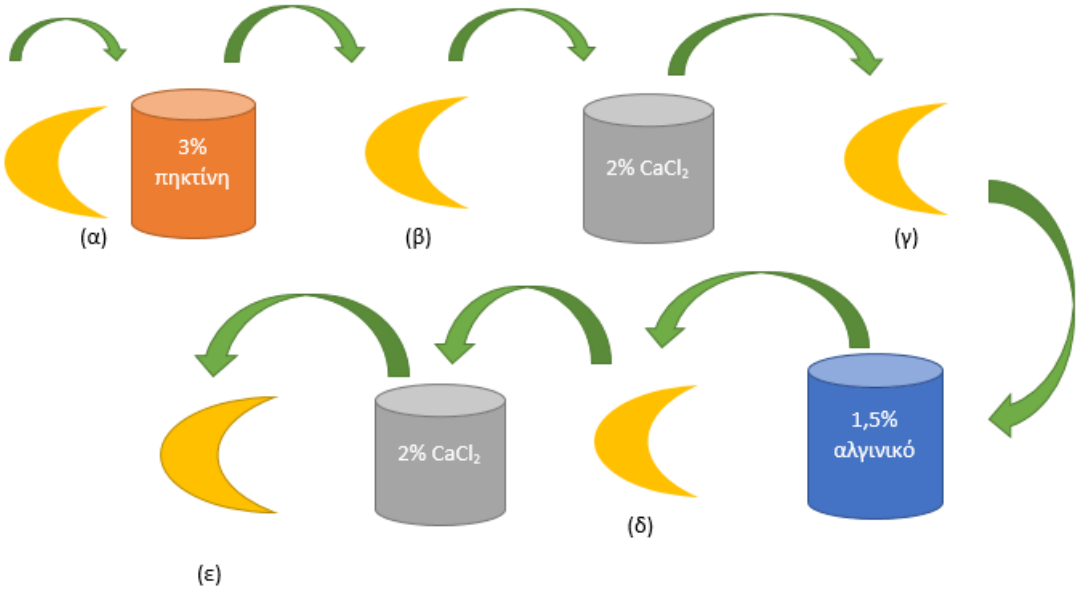
Σχήμα 2: Επικάλυψη ροδακίνων με αλγινικό νάτριο. (α) ροδάκινο χωρίς επικάλυψη, (β) ροδάκινο με επικάλυψη πηκτής αλγινικού και (γ) τελική μορφή ροδακίνου με επικάλυψη γέλης αλγινικού νατρίου.

Για τις περιπτώσεις όπου επικάλυψη ήταν η πηκτίνη, οι φέτες ροδάκινων (Σχήμα 3) εμβαπτίστηκαν στο διάλυμα πηκτίνης για 3 λεπτά και έπειτα εμβαπτίστηκαν σε υδατικό διάλυμα συγκέντρωσης 2% (w/v) χλωριούχου ασβεστίου (Calcium chloride 6-hydrate, Panreac Applichem) για 1 λεπτό, έτσι ώστε να σχηματιστεί γέλη, (βλ πηκτίνη).



Σχήμα 3: Επικάλυψη ροδακίνων με πηκτίνη. (α) ροδάκινο χωρίς επικάλυψη, (β) ροδάκινο με επικάλυψη διαλύματος πηκτίνης και (γ) τελική μορφή ροδακίνου με επικάλυψη γέλης πηκτίνης.

Για τις περιπτώσεις όπου τα ροδάκινα είχαν διπλή επικάλυψη, οι φέτες ροδάκινων (Σχήμα 4) εμβαπτίστηκαν στο διάλυμα της πηκτίνης για 3 λεπτά, έπειτα στο διάλυμα του χλωριούχου ασβεστίου για 1 λεπτό, αμέσως μετά στο διάλυμα του αλγινικού για 1 λεπτό και ξανά στο διάλυμα του χλωριούχου ασβεστίου για 1 λεπτό.



Σχήμα 4: Διπλή επικάλυψη ροδακίνων με πηκτίνη και αλγινικό νάτριο. (α) ροδάκινο χωρίς επικάλυψη, (β) ροδάκινο με επικάλυψη διαλύματος πηκτίνης, (γ) τελική μορφή ροδακίνου με επικάλυψη γέλης πηκτίνης, (δ) ροδάκινο με επικάλυψη γέλης πηκτίνης και επικάλυψη αλγινικού νατρίου και (ε) τελική μορφή ροδακίνου με διπλή επικάλυψη.

3.7 Συσκευασία και συντήρηση

Τα δείγματα συσκευάστηκαν σε ουροσυλλέκτες και τοποθετήθηκαν σε επωαστικό θάλαμο στους 4˚C.

3.8 Μικροβιολογικές αναλύσεις

Η μικροβιολογική ανάλυση στις φέτες ροδάκιαν κομπόστα έγινε με την μέθοδο των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων. Το κάθε δείγμα τοποθετούταν ασηπτικά σε σακούλα Stomacher, προθέτονταν σε αυτό πενταπλάσια ποσότητα ορού Ringer (Lab M) και ομογενοποιούταν για 60 sec σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε Stomacher (interscience). Ακολουθούσε η παρασκευή των διαδοχικών αραιώσεων με μεταφορά 1 ml δείγματος προηγούμενης αραίωσης σε 9 ml ορού Ringer. Έπειτα 0,1 ml δείγμα από την κατάλληλη διαδοχική αραίωση ενοφθαλμίστηκε με την μέθοδο της επίστρωσης για την απαρίθμηση των ακόλουθων μικροοργανισμών :

Listeria monocytogenes: στο επιλεκτικό υπόστρωμα Chromogenic Listeria Agar Base (ALOA, Oxoid), με την προσθήκη αντιβιοτικών OCLA Selective supplement SR0226E (Oxoid) και Brilliance Listeria differential supplement SR0228E (Oxoid), το οποίο επωάστηκε σε θερμοκρασία 37˚C για 2 ημέρες.

Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX): σε μη επιλεκτικό υπόστρωμα Tryptone Soya Agar (Lab M) με προσθήκη 0,6% Yeast Extract (Lab M), (TSAYE), το οποίο επωάστηκε σε θερμοκρασία 30˚C για 2 έως 3 ημέρες.

Δύο επαναλήψεις από δύο αραιώσεις καταμετρήθηκαν σε κάθε περίπτωση και τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν σε λογαριθμική κλίμακα. Το όριο καταμέτρησης ήταν στους 0,7 logCFU/g. Για να υπολογιστεί σωστά γινόταν επίστρωση 1 ml σε τριπλό τρυβλίο.

Σε κάθε δείγμα μετρήθηκε η τιμή του pH, (pHmeter WTW) με εμβάπτιση του ηλεκτροδίου στο ομογενοποιημένο δείγμα μετά το τέλος της μικροβιολογικής ανάλυσης. Επίσης ανά τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε 15 και 30 μέρες) πραγματοποιούταν και μέτρηση της ενεργότητας ύδατος Aw (hygrolab).

3.9 Οργανοληπτικός έλεγχος

Για την πραγματοποίηση του οργανοληπτικού ελέγχου, έγινε προετοιμασία των ροδακίνων κομπόστας (βλ. προετοιμασία ροδακίνων, προετιμασία πηκτών, προετοιμασία ροδακίνων με επικάλυψη), χωρίς να γίνει εμβολιασμός. Εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις: η συντήρηση σε αέρα και η συντήρηση σε άζωτο. Τα δείγματα που συντηρήθηκαν στον αέρα τοποθετήθηκαν σε ουροσυλλέκτες, ενώ τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε άζωτο, συσκευάστηκαν σε σακούλες και σφραγίστηκαν σε μηχάνημα sealing. Όλα τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε επωαστικό θάλαμο στους 4˚C. Πραγματοποιήθηκε οπτική παρατήρηση των ροδακίνων την $0^{η}$, $15^{η}$ και $30^{η}$ ημέρα.

3.10 Ανάλυση δεδομένων

Οι κινητικές παράμετροι απενεργοποίησης και κατ' επέκταση ο ρυθμός μείωσης του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes* προσδιορίστηκε προσαρμόζοντας τις συγκεντώσεις των πληθυσμών μετασχηματισμένους σε λογαριθμική κλίμακα στο γραμμικό μοντέλο Log Linear. Κατά την εφαρμογή του μοντέλο σε πειραματικά δεδομένα, χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

LOG10(N)= LOG10(N0)-kmax * t/LN(10).

Όπου N0: ο αρχικός πληθυσμός
Kmax: ο ρυθμός μείωσης

Η αξιοπιστία του μοντέλου αξιολογήθηκε με τη χρήση συσχέτισης συντελεστών (R^2) και την τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγώνου σφάλματος (Root Mean Square Error: RMSE). Ο υπολογισμός των κινητικών παραμέτρων απενεργοποίησης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού GinaFiT [72].

3.11 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της ανάλυσης Multiple Range Test χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Statgraphics 18. Τιμή πιθανότητας μικρότερη της τιμής 0,05 ($P<0.05$) θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική για τις συγκρίσεις μεταξύ των μεταβλητών.

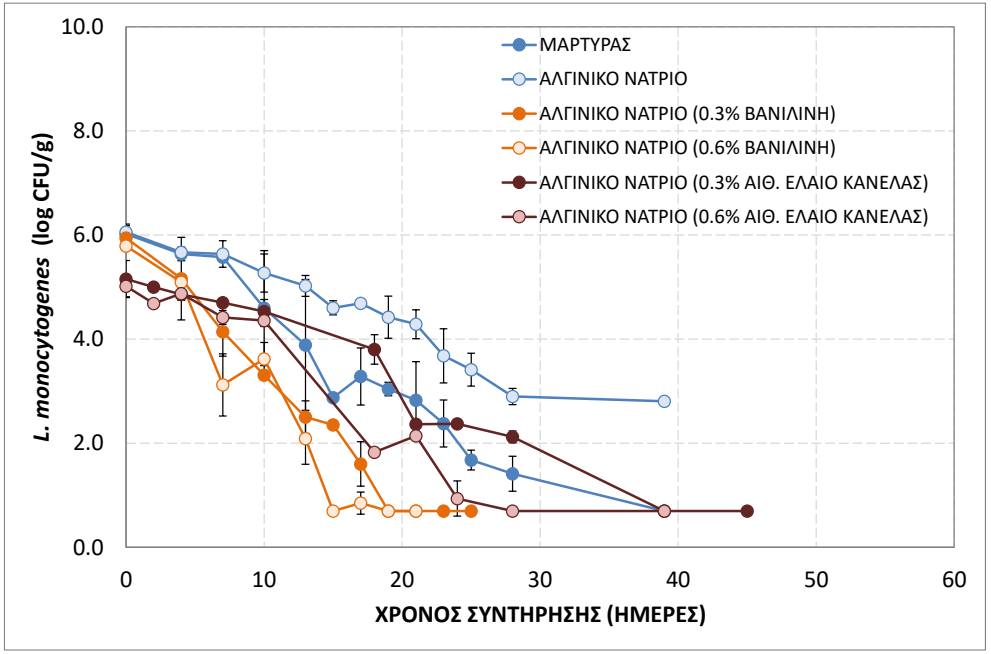
4 Αποτελέσματα και συζήτηση

4.1 Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων

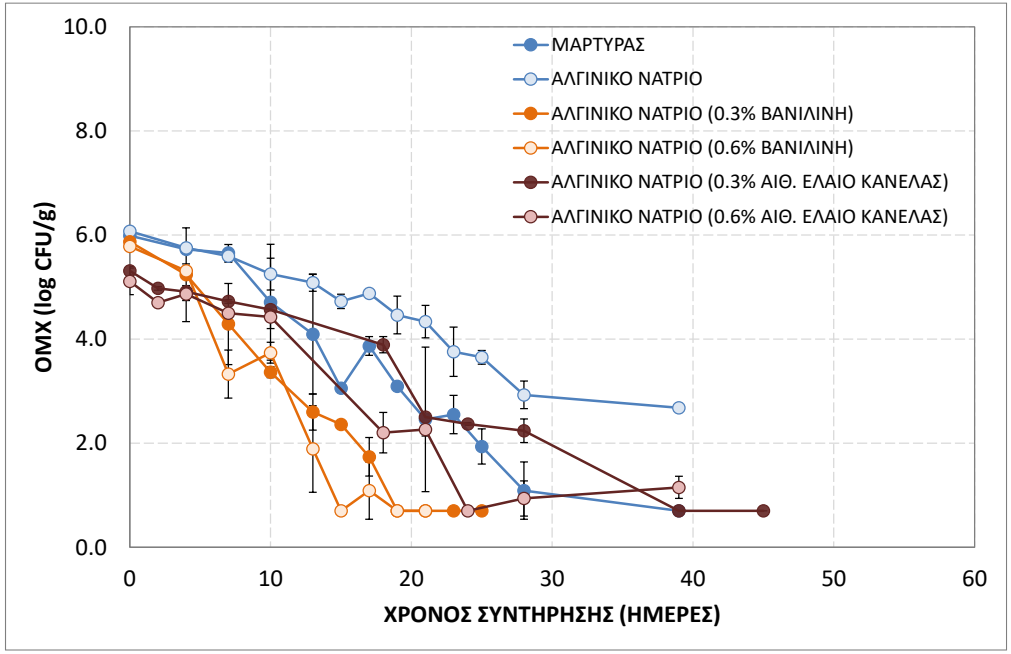
4.1.1 Αποτελέσματα καταμέτρησης *Listeria monocytogenes*

4.1.1.1 Επίδραση των εδώδιμων μεμβρανών στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται οι καμπύλες επιβίωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* και της ΟΜΧ σε φέτες ροδάκινα κομπόστα κατά τη διάρκεια συντήρησής τους στους 4 ˚C σε αερόβιες συνθήκες. Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι συγκρίνοντας τα γραφήματα σε όλες τις περιπτώσεις ροδακίνων κομπόστας, ανεξαρτήτου παρουσίας, συγκέντρωσης και είδους αντιμικροβιακής ουσίας οι καμπύλες επιβίωσης της *Listeria monocytogenes* (γράφημα 1), θεωρούνται ταυτόσημες με τις καμπύλες επιβίωσης της ΟΜΧ (γράφημα 4). Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής: Το ροδάκινο κομπόστα έναι ένα τρόφιμο θερμικώς επεξεργασμένο με αποτέλεσμα να έχει χαμηλή συγκέντρωση ΟΜΧ. Επομένως ότι καταμετρήθηκε στο μη επιλεκτικό υπόστρωμα ήταν αποικίες του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes*. Ομοίως ισχύει και για τις περιπτώσεις όπου επικάλυψη είναι η πηκτίνη και ο συνδιασμός πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, (γραφήματα 3 και 4 για την πηκτίνη και γραφήματα 5 και 6 για τον συνδιασμό πηκτίνης και αλγινικού). Στην περίπτωση όπου στα ροδάκινα κομπόστα χρησιμοποιήθηκε το αλγινικό νάτριο σαν επικάλυψη, (Γράφημα 1) παρατηρείται ότι στις 39 ημέρες συντήρησης οι μάρτυρες είχαν μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης του πληθυσμού από τα ροδάκινα που είχαν επικάλυψη αλγινικού χωρίς αντιμικροβιακά (5,3 και 3,3 Log CFU/g αντίστοιχα). Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης στα Kmax (Πίνακας 5). Πιο συγκεκριμένα ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας στις φέτες ροδάκινο κομπόστα του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερος και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από αυτόν στις φέτες ροδάκινο κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου (0,37 και 0,22 αντίστοιχα).



Γράφημα 1 ***Καμπύλες επιβίωσης του Listeria monocytogenes (αρχικό εμβόλιο: 10^6 log CFU/g) σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) αλγινικού νατρίου, β) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***

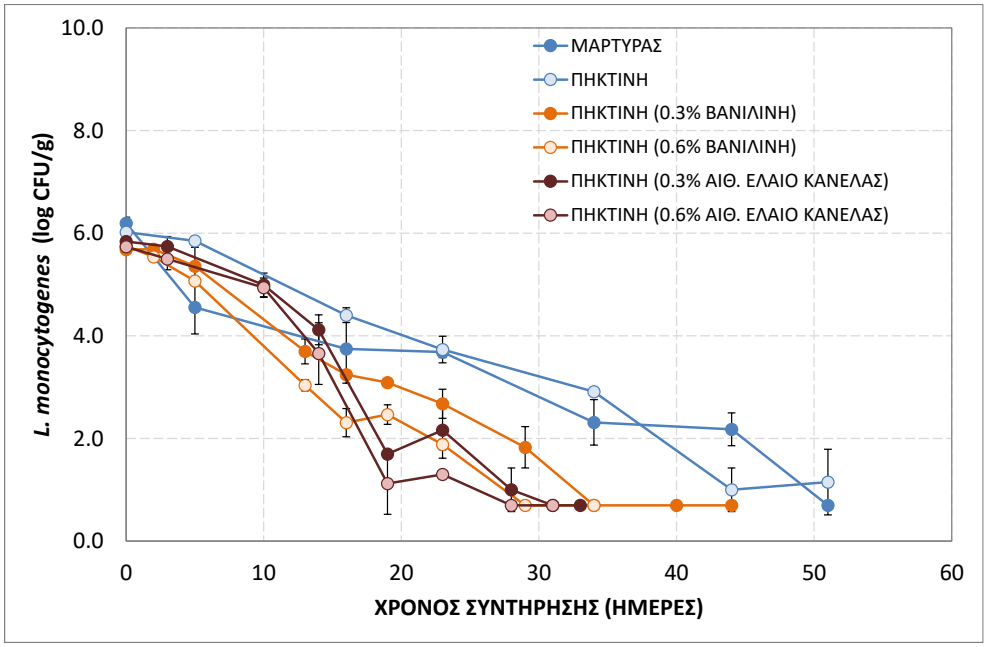


Γράφημα 2 ***Καμπύλες επιβίωσης της OMX (αρχικό εμβόλιο: 10^6 log CFU/g) σε φέτες ροδάκινα-κομπόστα με επικάλυψη α) αλγινικού νατρίου, β) αλγινικού νατρίου 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***

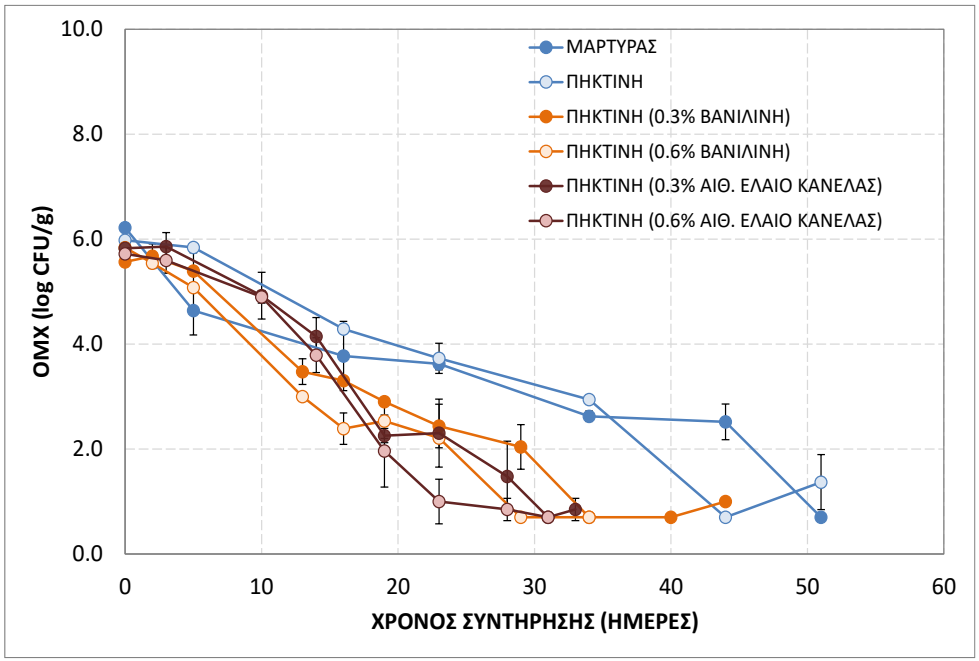
Πίνακας 5: Εκτιμώμενες παράμετροι του μοντέλου log-linear για τις φέτες ροδάκινα κομπόστας με επικάλυψη α) αλγινικού νατρίου, β) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες. (Kmax: ρυθμός μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes) Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως μέσος όρος (± τυπική απόκλιση) των εις διπλούν δειγμάτων. Οι μέσοι όροι που δεν ακολουθούνται από τα ίδια γράμμα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με την δοκιμασία Multiple Range Test σε επίπεδο σημαντικότητας (P<0.05).

Δείγμα	Kmax (±SD)	RMSE	R^2 adjusted
Μάρτυρας	0.37(±0.00)b	0,435-0,539	0,920-0,951
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου	0.22(±0.014)a	0,247-0,359	0,916-0,940
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. βανιλίνη	0.655(±0.007)c	0,369-0,397	0,963
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. βανιλίνη	0.735(±0.077)c	0,310-0,479	0,948-0,979
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.265(±0.007)a	0,180-0,392	0,939-0,987
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.41(±0.028)b	0,436-0,483	0,921-0,942

Ωστόσο ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας στις φέτες ροδάκινο κομπόστα του μάρτυρα και στις φέτες ροδάκινο κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνη (Πίνακας 6) δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά (2,15 και 2,45 αντίστοιχα).



Γράφημα 3 ***Καμπύλες επιβίωσης του Listeria monocytogenes (αρχικό εμβόλιο: 10^6 log CFU/g) σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) πηκτίνης, β) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***



Γράφημα 4 ***Καμπύλες επιβίωσης της OMX (αρχικό εμβόλιο: 10^6 log CFU/g) σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) πηκτίνης, β) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***

Πίνακας 6: Εκτιμώμενες παράμετροι του μοντέλου log-linear για τις φέτες ροδάκινα κομπόστας με επικάλυψη α) πηκτίνης, β) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες. (Kmax: ρυθμός μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes) Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως μέσος όρος (± τυπική απόκλιση) των εις διπλούν δειγμάτων. Οι μέσοι όροι που δεν ακολουθούνται από τα ίδια γράμμα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με την δοκιμασία Multiple sample comparison σε επίπεδο σημαντικότητας (P<0.05).

Δείγμα	Kmax (±SD)	RMSE	R^2 adjusted
Μάρτυρας	0.215(±0.007)a	0,507-0,630	0,849-0,926
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης	0.245(±0.035)a	0,248-0,301	0,983-0,984
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. βανιλινη	0.35(±0.014)b	0,117-0,259	0,983-0,996
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. βανιλινη	0.405(±0.007)c	0,076-0,146	0,995-0,998
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας	0.425(±0.021)c	0,415-0,536	0,953-0,963
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας	0.45(±0.014)c	0,561-0,610	0,932-0,937

Στην περίπτωση της χρήσης διπλής επικάλυψης, συγκρίνοντας τους ρυθμούς μεταβολής του πληθυσμού της λιστέριας στους μάρτυρες με τις φέτες ροδάκινα κομπόστα που είχαν διπλή επικάλυψη χωρίς αντιμικροβιακά, παρατηρείται ότι η διαφορά στην μείωση του πληθυσμού των μικροοργανισμών δεν είναι το ίδιο μεγάλη. Πιο συγκεκριμένα ο πληθυσμός της λιστέριας στους μάρτυρες μειώθηκε κατά 5 logCFU/g, ενώ στα ροδάκινα κομπόστα με διπλή επικάλυψη η μείωση ήταν 5,3 logCFU/g μετά από 46 ημέρες συντήρησης στους 4˚C. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από τις τιμές του ρυθμού μείωσης (Πίνακας 7) που επιβεβαιώνουν ότι τα δείγματα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (0,22 και 0,225 οι ρυθμοί μείωσης στους μάρτυρες και στις φέτες ροδάκινα κομπόστας αντίστοιχα).

Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες για την επίδραση των εδώδιμων μεμβανών σε θερμικώς επεξεργασμένα φρούτα που έχουν εμβολιαστεί με τον μικροοργανισμό *Listeria monocytogenes.* Επιπλέον οι διαθέσιμες μελέτες για την επίδραση των εδώδιμων μεμβρανών σε φρούτα που έχουν εμβολιαστεί με *Listeria monocytogenes* είναι περιορισμένες. Οι Aguayo et al (2016), μελέτησαν την επιβίωση του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes* σε κομμάτια μήλου με διάφορες επικαλύψεις συμπεριλαμβανομένων του αλγινικού νατρίου και της πηκτίνης. Παρατήρησαν ότι μετά από 7 ημέρες συντήρησης στους 4˚C η συγκέντρωση του πληθυσμού της λιστέριας στα δείγματα χωρίς επικάλυψη και στα δείγματα με επικάλυψη

αλγινικού νατρίου ή πηκτίνης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά. Αυτό δεν συμφωνεί με αποτελέσματά μας στις φέτες ροδακίνου κομπόστας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου, συμφωνεί όμως στην περίπτωση που ως επικάλυψη χρησιμοποιείται η πηκτίνη. Βέβαια πρέπει να αναφερθεί ότι τα δύο αυτά προϊόντα έχουν κάποιες βασικές διαφορές. Το μεν ροδάκινο κομπόστα είναι κονσερβοποιημένο, έχει υποστεί δηλαδή θερμική επεξεργασία, ενώ το δε μήλο είναι μερικώς επεξεργασμένο, δηλαδή έχει απλά κοπεί σε κομμάτια. Επομένως δεν μπορούμε να βασιστούμε εξ' ολοκλήρου στην συγκεκριμένη μελέτη. Όσον αφορά τα αποτελέσματα την περιπτωση όπου τα ροδάκινα κομπόστα έχουν επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού νατρίου δεν υπάρχει αντίστοιχη μελέτη για σύγκριση.

4.1.1.2.Επίδραση είδους εδώδιμης μεμβράνης στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes

Οι τιμές του ρυθμού μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes στα ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου, πηκτίνης και αλγινικού νατρίου και πηκτίνης (Πίνακας 4) δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (0,22 0,245 και 0,225 αντίστοιχα).

Στην περίπτωση όπου στις εδώδιμες μεμβράνες έχουν ενσωματωθεί 0,3 % κ.ο. βανιλίνης οι φέτες ροδάκινα κομπόστας με τον μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας είναι αυτές με επικάλυψη αλγινικού, μετά οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου και πηκτίνης και τέλος τον μικρότερο ρυθμό μείωσης έχουν οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη πηκτίνης (0,655 0,36 και 0,35 αντίστοιχα). Να αναφερθεί ότι οι τρείς αυτές τιμές διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

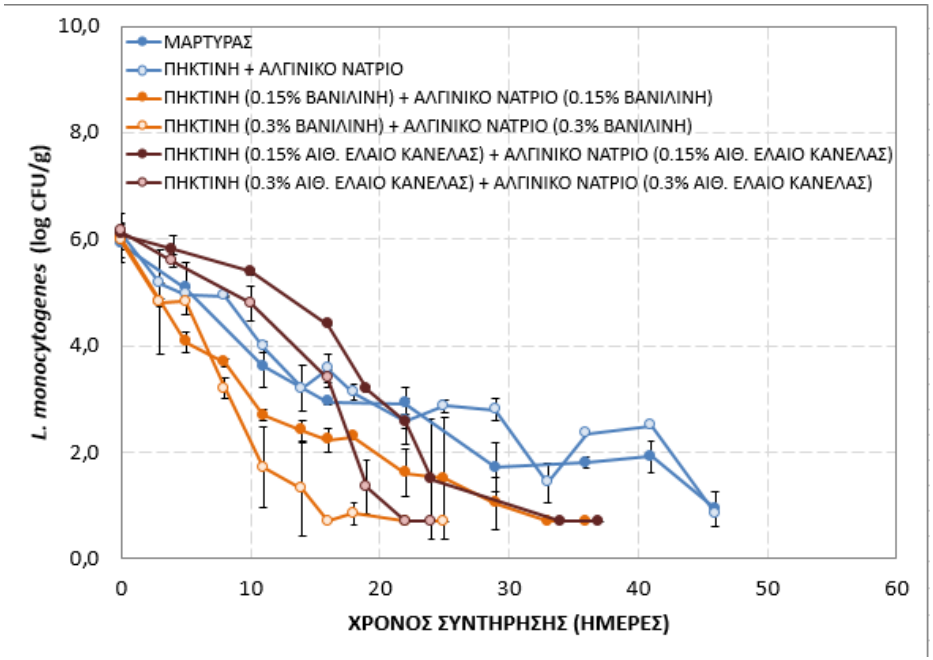
Στην περίπτωση όπου στις εδώδιμες μεμβράνες έχουν ενσωματωθεί 0,6 % κ.ο. βανιλίνης οι φέτες ροδάκινα κομπόστας με τον μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας είναι αυτές με επικάλυψη αλγινικού νατρίου και πηκτίνης, μετά οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου και τέλος τον μικρότερο ρυθμό μείωσης έχουν οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη πηκτίνης (0,805 0,735 και 0,405 αντίστοιχα). Να αναφερθεί ότι οι τρείς αυτές τιμές διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Στην περίπτωση όπου στις εδώδιμες μεμβράνες έχουν ενσωματωθεί 0,3 % κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας οι φέτες ροδάκινα κομπόστας με τον μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας είναι αυτές με επικάλυψη πηκτίνης, μετά οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου και πηκτίνης και τέλος τον μικρότερο ρυθμό μείωσης έχουν οι φέτες

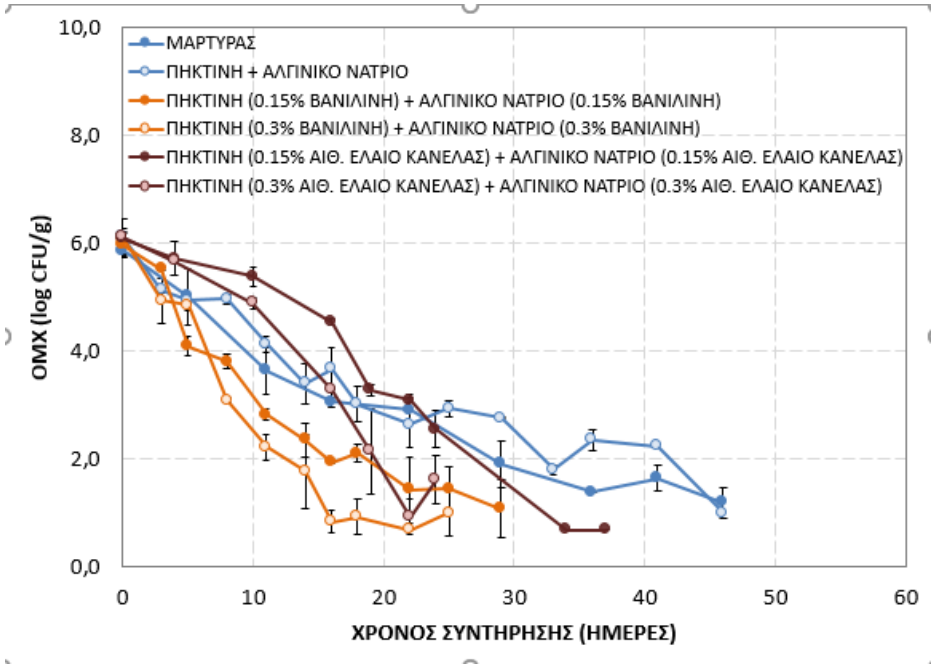
ροδάκινα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου (0,425 0,39 και 0,265 αντίστοιχα). Να αναφερθεί ότι οι τρείς αυτές τιμές διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Στην περίπτωση όπου στις εδώδιμες μεμβράνες έχουν ενσωματωθεί 0,6 % κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας οι φέτες ροδάκινα κομπόστας με τον μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας είναι αυτές με επικάλυψη αλγινικού νατρίου και πηκτίνης, μετά οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη πηκτίνης και τέλος τον μικρότερο ρυθμό μείωσης έχουν οι φέτες ροδάκινα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου (0,59 0,45 και 0,41 αντίστοιχα). Να αναφερθεί ότι οι τρείς αυτές τιμές διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Ωστόσο δεν υπάρχουν αντίστοιχες μελέτες στην βιβλιογραφία για να συγκριθούν με τα συγκεκριμένα αποτελέσματα.



Γράφημα 6 ***Καμπύλες επιβίωσης του Listeria monocytogenes (αρχικό εμβόλιο: 10^6 log CFU/g) σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, β) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***



Γράφημα 5 ***Καμπύλες επιβίωσης της OMX (αρχικό εμβόλιο: 10^6 log CFU/g) σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, β) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***

Πίνακας 7: Εκτιμώμενες παράμετροι του μοντέλου log-linear για τις φέτες ροδάκινα κομπόστας με επικάλυψη α) πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, β) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες. (Kmax: ρυθμός μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes) Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως μέσος όρος (± τυπική απόκλιση) των εις διπλούν δειγμάτων. Οι μέσοι όροι που δεν ακολουθούνται από τα ίδια γράμμα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με την δοκιμασία Multiple sample comparison σε επίπεδο σημαντικότητας (P<0.05).

Δείγμα	Kmax (±SD)	RMSE	R^2 adjusted
Μάρτυρας	0.22(±0.00)a	0,441-0,603	0,843-0,939
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού	0.225(±0.007)a	0,282-0,440	0,864-0,943
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. βανιλίνης	0.36(±0.07)b	0,269-0,646	0,843-0,975
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. βανιλίνης	0.805(±0.063)d	0,237-0,507	0,938-0,985
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.39(±0.014)b	0,409-0,427	0,953-0,955
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.59(±0.00)c	0,466-0,593	0,932-0,957

Πίνακας 8: Εκτιμώμενες παράμετροι του μοντέλου log-linear για όλες τις περιπτώσεις επικαλυψεών μέ ή χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα κατά τη συντήρηση στους 4 ˚C υπό αερόβιες συνθήκες. (Kmax: ρυθμός μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes) Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως μέσος όρος (± τυπική απόκλιση) των εις διπλούν δειγμάτων. Οι μέσοι όροι που δεν ακολουθούνται από τα ίδια κεφαλαία γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με την δοκιμασία Multiple sample comparison σε επίπεδο σημαντικότητας (P<0.05).

Δείγμα	Kmax (±SD)	RMSE	R^2 adjusted
Μάρτυρας	0.37(±0.00)C	0,435-0,539	0,920-0,951
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου	0.22(±0.014)A	0,247-0,359	0,916-0,940
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. βανιλίνη	0.655(±0.007)G	0,369-0,397	0,963
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. βανιλίνη	0.735(±0.077)H	0,310-0,479	0,948-0,979
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.265(±0.007)A	0,180-0,392	0,939-0,987
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.41(±0.028)D	0,436-0,483	0,921-0,942
Μάρτυρας	0.215(±0.007)A	0,507-0,630	0,849-0,926
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης	0.245(±0.035)A	0,248-0,301	0,983-0,984
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. βανιλινη	0.35(±0.014)B	0,117-0,259	0,983-0,996
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. βανιλινη	0.405(±0.007)D	0,076-0,146	0,995-0,998
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας	0.425(±0.021)E	0,415-0,536	0,953-0,963
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας	0.45(±0.014)F	0,561-0,610	0,932-0,937
Μάρτυρας	0.22(±0.00)A	0,441-0,603	0,843-0,939
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού	0.225(±0.007)A	0,282-0,440	0,864-0,943
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. βανιλίνης	0.36(±0.07)C	0,269-0,646	0,843-0,975
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. βανιλίνης	0.805(±0.063)I	0,237-0,507	0,938-0,985
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.39(±0.014)D	0,409-0,427	0,953-0,955
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0.59(±0.00)G	0,466-0,593	0,932-0,957

4.1.1.2 Επίδραση των αντιμικροβιακών ουσιών στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού Listeria monocytogenes

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι στα περισσότερα δείγματα, και στις τρείς περιπτώσεις επικαλύψεων, ανεξαρτήτου αντιμικροβιακού παράγοντα, ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* είναι μεγαλύτερος στα δείγματα που έχουν ενσωματωμένο αντιμικροβιακό παράγοντα στις μεμβράνες, σε σύγκριση με αυτά που δεν έχουν επικάλυψη ή έχουν επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα.

Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση όπου έχει χρησιμοποιηθεί για επικάλυψη το αλγινικό νάτριο, εμπλουτισμένο με 0,3% ή 0,6% κ.ο. βανιλίνη, οι φέτες ροδακίνων κομπόστας έχουν μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes*, (0,655 και 0,735 αντίστοιχα) και διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά συγκριτικά με τις φέτες ροδακίνων που έχουν μόνο επικάλυψη αλγινικού νατρίου και με τις φέτες ροδακίνων του μάρτυρα (0,22 και 0,37 αντίστοιχα). Όμως ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της λιστέρια στις φέτες ροδακίνων κομπόστας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου εμπλουτισμένο με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας και ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της λιστέρια στις φέτες ροδακίνου με επικάλυψη αλγινικού νατρίου δεν διαφέρουν στατιστικώς σήμαντικά (0,265 και 0,22 αντίστοιχα). Από την άλλη πλευρά ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της λιστέρια στις φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου εμπλουτισμένα με 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας είναι μεγαλύτερος και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τον ρυθμό μείωσης πληθυσμού της λιστέρια στις φέτες ροδακίνου με επικάλυψη αλγινικού νατρίου (0,41 και 0,22 αντίστοιχα). Ενώ σε σύγκριση με τους μάρτυρες ο ρυθμός μείωσης της λιστέρια στις φέτες ροδάκινο με αλγινικό και 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλα δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά.

Στην περίπτωση όπου έχει χρησιμοποιηθεί για επικάλυψη η πηκτίνη, εμπλουτισμένη είτε με 0,3% ή 0,6% κ.ο. βανιλίνη είτε με 0,3% ή 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας, οι φέτες ροδακίνων κομπόστας έχουν μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes*, (0,35 και 0,405 για τις φέτες ροδάκινο με 0,3% και 0,6% κ.ο.βαλινίνη αντίστοιχα, 0,425 και 0,45 για τις φέτες ροδακίνου με 0,3% και 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας αντίστοιχα) συγκριτικά με τον ρυθμό μείωσης του μικροοργανισμού στις φέτες ροδακίνων που έχουν μόνο επικάλυψη πηκτίνης (0,245) και συγκριτικά με τον ρυθμό μείωσης του μικροοργανισμού στις φέτες ροδακίνων των μαρτύρων (0,215).

Τέλος στην περίπτωση όπου έχει χρησιμοποιηθεί για επικάλυψη η πηκτίνη εμπλουτισμένη με 0,15% ή 0,3% και το αλγινικό νάτριο εμπλουτισμένο με 0,15% ή 0,3% κ.ο. βανιλίνη, οι φέτες ροδακίνων κομπόστας έχουν μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* (που διαφέρει στατιστικώς σημαντικά), από τις φέτες ροδακίνων που έχουν μόνο επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού νατρίου και συγκριτικά με τις φέτες ροδακίνων των μαρτύρων. Τα ίδια αποτελέσματα προκύπτουν και στην περίπτωση που οι εδώδιμες μεμβράνες στις φέτες ροδάκινα έχουν εμπλουτιστεί με αιθέριο έλαιο κανέλας (Πίνακας 3).

Οι Rojas-Graü et al (2007), μελέτησαν την επιβίωση του μικροοργανισμού *Listeria Innocua* σε μήλα με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένο με πουρέ μήλου και διάφορων αντιμικροβιακών ουσιών, περιλαμβανομένων της βανιλίνης και διάφορων αιθέριων ελαίων. Παρατήρησαν ότι στα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού, εμπλουτισμένα είτε με 0,3% είτε με 0,6% κ.ο. βανιλίνης, η μείωση του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* ήταν μεγαλύτερη και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τα δείγματα που είχαν μόνο επικάλυψη με αλγινικό και πουρέ μήλου (3 logCFU/g μείωση στα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένα με βανιλίνη και 0,6 logCFU/g μείωση στα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού) μετά από 21 ημέρες συντήρησης στους 4 ˚C. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τις δικιές μας παρατηρήσεις. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι στην συγκεκριμένη μελέτη ερευνάται η επιβίωση του μικροοργανισμού *Listeria innocua* σε κομμάτια μήλου με επικάλυψη αλγινικού και πουρέ μήλου. Επίσης η στατιστική ανάλυση στην συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιείται στις συγκεντρώσεις του πληθυσμού των μήλων ενώ στην δική μας μελέτη στους ρυθμούς μείωσης του πληθυσμού των ροδακίνων.

Οι Raybaudi-Massilia et al (2008), μελέτησαν την επιβίωση του μικροοργανισμού Salmonella Enteritidis σε κομμάτια πεπονιού με επικάλυψη αλγινικού, εμπλουτισμένο με διάφορα αιθέρια έλαια σε διαφορετικες συγκεντρώσεις συμπεριλαμβανομένου και του αιθέριου έλαιου κανέλας. Παρατήρησαν ότι μετά απο 21 μέρες συντήρησης στους 5 ˚C, τα κομμάτια πεπονιού με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένα με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας είχαν μείωση 3,74 logCFU/g, ενώ τα πεπόνια με επικάλυψη αλγινικού είχαν μείωση 3,08 logCFU/g. Στον μάρτυρα η μείωση ήταν 2,24 logCFU/g. Ενώ τα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένα με 0,7% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας είχαν μείωση 4,05 logCFU/g, τιμή η οποία διέφερε στατιστικώς σημαντικά και από την αντίστοιχη τιμή του μάρτυρα και από την αντίστοιχη τιμή των κοματιών πεπονιού με επικάλυψη αλγινικού. Επομένως μπορεί τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης να συμφωνούν με τα δικά μας, όμως πρέπει να λάβουμε υπ’όψιν το γεγονός ότι οι Raybaudi-Massilia et al, μελετούν την επιβίωση του

μικροοργανισμού Salmonella Enteritidis που δεν είναι ψυχρότροφος σε αντίθεση με την Listeria monocytogenes που μελετάμε εμείς.

4.1.1.3 Επίδραση της συγκέντρωσης των αντιμικροβιακών ουσιών στην συγκέντρωση του πληθυσμού Listeria monocytogenes

Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας μπορεί να παρατηρηθεί η επίδραση της συγκέντρωσης των αντιμικροβιακών παραγόντων στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της λιστέριας και στις τρείς περιπτώσεις επικαλύψεων, ανεξάρτητα με το ποιά αντιμικροβιακή ουσία έχει χρησιμοποιηθεί (βανιλίνη ή αιθέριο έλαιο κανέλας).

Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινο κομπόστα με επικάλυψη αλγινικό νάτριο, έχουν εμπλουτιστεί με 0,3% και 0,6% κ.ο. βανιλίνη οι ρυθμοί μείωσης της λιστέρια δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά(0,655 και 0,735 αντίστοιχα). Ενώ στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινο κομπόστα με επικάλυψη αλγινικό νάτριο, έχουν εμπλουτιστεί με 0,3% και 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας, ο ρυθμός μείωσης της λιστέριας είναι μεγαλύτερος και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά στην μεγαλύτερη συγκέντρωση του αντιμικροβιακού παράγοντα (0,265 και 0,41 αντίστοιχα).

Στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινο κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης, έχουν εμπλουτιστεί με 0,3% και 0,6% κ.ο. βανιλίνη ο ρυθμός μείωσης της λιστέριας είναι μεγαλύτερος και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά στην περίπτωση που η επικάλυψη στις φέτες ροδάκινα έχει εμπλουτιστεί με μεγαλύτερη συγκέντρωση βανιλίνης (0,35 και 0,405 αντίστοιχα). Ενώ στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινο κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης, έχουν εμπλουτιστεί με 0,3% και 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας οι ρυθμοί μείωσης της λιστέρια δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (0,425 και 0,45 αντίστοιχα).

Τέλος στην περίπτωση της διπλής επίστρωσης, παρατηρείται ότι ανεξαρτήτως αντιμικροβιακού παράγοντα, ο ρυθμός μείωσης του μικροοργανισμού της λιστέρια είναι μεγαλύτερος και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βανιλίνης και αιθέριου έλαιου κανέλας (Πίνακας 3).

Οι Rojas-Graü et al (2007), μελέτησαν την επιβίωση του μικροοργανισμού *Listeria Innocua* σε μήλα με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένο με πουρέ μήλου και βανιλίνης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Μετά από 21 ημέρες συντήρησης στους 4˚C, παρατήρησαν ότι τα μήλα με την μεγαλύτερη συγκέντρωση βανιλίνης είχαν μεγαλύτερη μείωση του πληθυσμού του μικροοργανισμού *Listeria innocua* (2.5 logCFU/g μείωση στα μήλα με 0,6% κ.ο. βανιλίνης και

1.8 logCFU/g μείωση στα μήλα με 0,3% βανιλίνης). Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μελέτης έρχεται εν μέρη σε συμφωνία με το αποτέλεσμα της δικής μας μελέτης. Πιό συγκεκριμένα, στην μελέτη μας, ο ρυθμός μείωσης της λιστέρια στις φέτες ροδακίνων κομπόστας εμπλουτισμένες με 0,6% κ.ο. βανιλίνη είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό μείωσης στις φέτες ροδάκινα εμπλουτισμένες με 0,3% κ.ο. βανιλίνη, όμως οι δύο αυτές τιμές δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Οι Raybaudi-Massilia et al (2008), μελέτησαν την επιβίωση του μικροοργανισμού *Salmonella Enteritidis* σε κομμάτια πεπονιού με επικάλυψη αλγινικού, εμπολυτισμένο με διάφορα αιθέρια έλαια σε διαφορετικες συγκεντρώσεις συμπεριλαμβανομένου και του αιθέριου έλαιου κανέλας. Παρατήρησαν ότι μετά απο 21 μέρες συντήρησης στους 5˚C, τα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένα με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας είχαν μείωση 3,74 logCFU/g, ενώ τα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού εμπλουτισμένα με 0,7% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας είχαν μείωση 4,05 logCFU/g. Οι δύο αυτές τιμές διέφεραν στατιστικώς σημαντικά. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τις δικιές μας παρατηρήσεις. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι στην συγκεκριμένη μελέτη ερευνάται η επιβίωση του μικροοργανισμού *Salmonella Enteritidis* σε κομμάτια πεπονιου με επικάλυψη αλγινικού. Επίσης η στατιστική ανάλυση στην συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιείται στις συγκεντρώσεις του πληθυσμού των πεπονιών ενώ στην δική μας μελέτη στους ρυθμούς μείωσης στις φέτες ροδάκινα

Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες που να μελετούν την επιβίωση του μικροοργανισμού Listeria monocytogenes σε θερμικώς επεξεργασμένα φρούτα ή έστω κομμάτια φρούτων με επικάλυψη πηκτίνης ή πηκτίνης και αλγινικού εμπλουτισμένα με διάφορες συγκεντρώσεις αντιμικροβιακών παραγόντων για να γίνει σύγκριση με τα δικά μας αποτελέσματα.

4.1.1.4 Επίδραση είδους αντιμικροβιακής ουσίας στην συγκέντρωση του πληθυσμού Listeria monocytogenes

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ρυθμών μείωσης και της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις των ροδακίνων κομπόστας παρατηρούνται τα εξής: η βανιλίνη και το αιθέριο έλαιο κανέλας έχουν διαφορετική επίδραση στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού *Listeria monocytogenes*, σε κάθε επικάλυψη. Αναλυτικότερα, στην περίπτωση όπου επικάλυψη των ροδακίνων είναι το αλγινικό νάτριο, η βανιλίνη αποτελεί δραστικότερη αντιμικροβιακή ουσία έναντι του αιθέριου ελαίου κανέλας. Πιο συγκεκριμένα

ανεξαρτήτου συγκέντρωσης αντιμικροβιακού παράγοντα, ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της λιστέρια στα ροδάκινα εμπλουτισμένα με βανιλίνη είναι μεγαλύτερος και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της λιστέρια στα ροδάκινα εμπουτισμένα με αιθέριο έλαιο κανέλας (0,735 και 0,41 στα ροδάκινα εμπλουτισμένα με 0,6% κ.ο. βανιλίνη και αιθέριο έλαιο κανέλας αντίστοιχα και 0,655 και 0,265 στα ροδάκινα εμπλουτισμένα με 0,3% κ.ο. βανιλίνη και αιθέριο έλαιο κανέλας αντίστοιχα).

Στην περίπτωση όπου επικάλυψη είναι η πηκτίνη, τα συμπεράσματα δεν είναι το ίδιο ξεκάθαρα. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινα έχουν επικάλυψη πηκτίνης με ενσωματωμένα 0,3% κ.ο. βανιλίνης, ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* είναι μικρότερος και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις φέτες ροδακίνου κομπόστας με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας (0,35 και 0,45 αντίστοιχα). Ενώ στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινα έχουν επικάλυψη πηκτίνης με ενσωματωμένα 0,6% κ.ο. βανιλίνης, ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* είναι μεν μικρότερος αλλά δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τον ρυθμό μείωσης της λιστέρια στις φέτες ροδακίνου κομπόστας με 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας (0,405 και 0,45 αντίστοιχα). Επομένως θα μπορούσε να βγεί το συμπέρασμα ότι το αιθέριο έλαιο κανέλας αποτελεί δραστικότερο αντιμικροβιακό παράγοντα στην επικάλυψη των ροδακίνων με πηκτίνη.

Τέλος όταν επικάλυψη των ροδακίνων αποτελεί το αλγινικό νάτριο και η πηκτίνη, τα συμπεράσματα και πάλι δεν είναι ξεκάθαρα. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινα έχουν επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% κ.ο. βανιλίνης, και αλγινικού νατρίου με 0,15% κ.ο. βανιλίνης ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* είναι μικρότερος αλλά δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις φέτες ροδακίνου κομπόστας με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15 % κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας και αλγινικού με 0,15% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας (0,36 και 0,39 αντίστοιχα). Ενώ στην περίπτωση όπου οι φέτες ροδάκινα έχουν επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. βανιλίνης και αλγινικού νατρίου με 0,3% κ.ο. βανιλίνης ο ρυθμός μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* είναι μεγαλύτερος και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις φέτες ροδακίνου κομπόστας με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας και επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας (0,805 και 0,59 αντίστοιχα). Επομένως θα μπορούσε να βγεί το συμπέρασμα ότι η βανιλίνη αποτελεί δραστικότερο αντιμικροβιακό παράγοντα στην επικάλυψη των ροδακίνων με πηκτίνη και αλγινικό νάτριο.

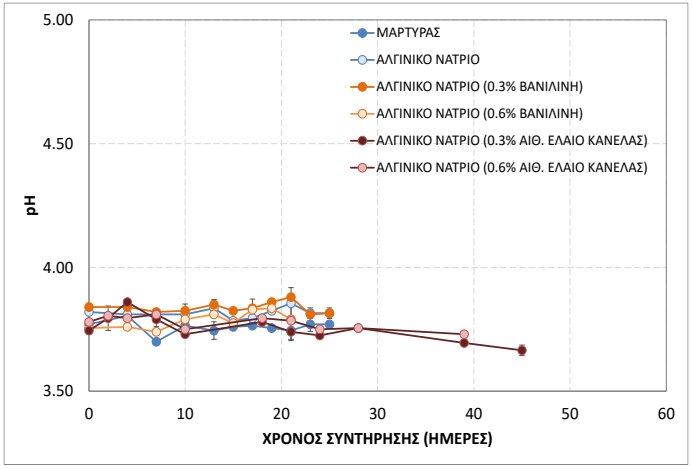
Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες που να μελετούν και να συγκρίνουν την επίδραση των διαφορετικών αντιμικροβιακών παραγόντων βανιλίνης και αιθέριου έλαιου κανέλας στην επιβίωση του μικροοργανισμού *Listeria monocytogenes* για να γίνει σύγκριση με τα δικά μας αποτελέσματα.

4.2 Μετρήσεις pH

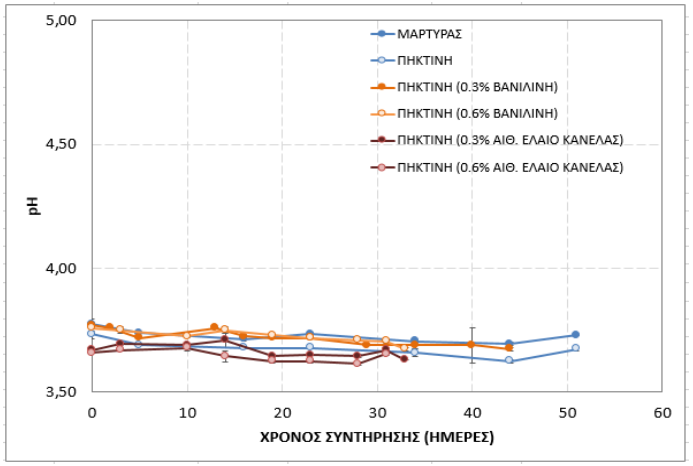
Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται οι μετρήσεις του pH σε όλα τα δείγματα, κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στους 4˚C.

Από τα γραφήματα παρατηρείται γραμικότητα στις τιμές των PH σε όλες τις περιπτώσεις ροδακίνων κομπόστας καθόλη τη διάρκεια συντήρησής τους

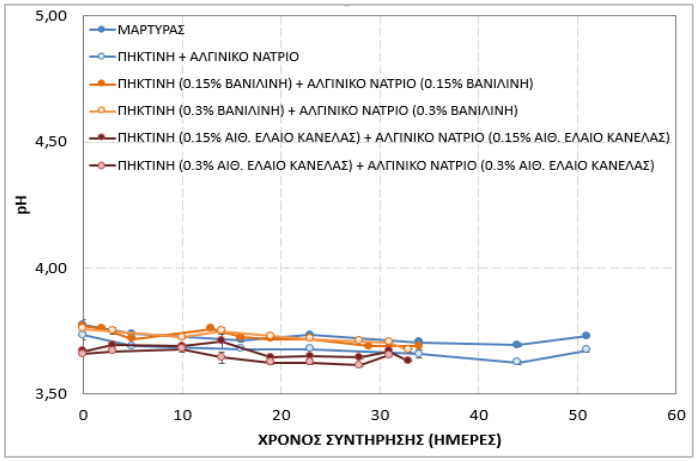
Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες που να παρουσιάζουν τιμές PH σε φρούτα με εδώδιμες επικαλύψεις εμπλουτισμένες με αντιμικροβιακούς παράγοντες.



Γράφημα 8 ***Τιμές pH σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) αλγινικού νατρίου, β) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) αλγινικού νατρίου με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες***



Γράφημα 9 ***Τιμές pH σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) πηκτίνης, β) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.3% ή 0.6% κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***



Γράφημα 7 ***Τιμές pH σε φέτες ροδάκινα - κομπόστα με επικάλυψη α) πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, β) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη και γ) πηκτίνης με 0.15% και αλγινικού νατρίο με 0,15% ή πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ό βανιλίνη κ.ό αιθερίου ελαίου κανέλας κατά τη συντήρηση στους 4˚C υπό αερόβιες συνθήκες. Δείγματα χωρίς επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού νατρίου και χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα ήταν μάρτυρες.***

4.3 Μετρήσεις Aw

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις της ενεργότητας ύδατος (Aw), σε όλες τις φέτες ροδακίνου κομπόστας έπειτα από 15 και 30 ημέρες συντήρησης στους 4 ˚C. Η μέτρηση της $0_{ης}$ μέρας πραγματοποιήθηκε σε ροδάκινο απο κομπόστα που είχε ανοιχτεί εκείνη τη στιγμή. Το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι 0.975.

Πίνακας 9 : Τιμές ενεργότητας ύδατος σε όλες τις περιπτώσεις στις φέτες ροδακίνων κομπόστας την 0η, την 15η και την 30η ημέρα συντήρησης στους 4˚C σε αερόβιες συνθήκες .

Δείγμα ροδακίνου	0η ημέρα	15η ημέρα	30η ημέρα
Μάρτυρας	0,975	0.970	0.973
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου	0,975	0.967	0.968
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. βανιλίνη	0,975	0.966	0.973
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. βανιλίνη	0,975	0.965	0.975
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0,975	0.972	0.968
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου με 0.6% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0,975	0.977	0.961
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης	0,975	0.977	0.988
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. βανιλινη	0,975	0.984	0.976
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. βανιλινη	0,975	0.981	0.984
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας	0,975	0.985	0.976
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,6% κ.ο. αιθέριο έλαιο κανέλας	0,975	0.985	0.963
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης και αλγινικού	0,975	0.986	0.975
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. βανιλίνης	0,975	0.964	0.976
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. βανιλίνης	0,975	0.970	0.980
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,15% και αλγινικού με 0,15% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0,975	0.991	0.981
Φέτες ροδάκινα κομπόστα με επικάλυψη πηκτίνης με 0,3% και αλγινικού με 0,3% κ.ο. αιθέριου έλαιου κανέλας	0,975	0.980	0.980

Ακόμα ο λόγος για τον οποίο δεν παρατηρείται ξεκάθαρη μεταβολή στις μετρήσεις της ενεργότητας ύδατος των ροδακίνων με το πέρας των ημερών πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι πρόκειται για κονσερβοποιημένα και όχι φρέσκα ροδάκινα. Ωστόσο δεν

υπάρχουν στην βιβλιογραφία αντίστοιχες έρευνες με αποτελέσματα μετρήσεων ενεργότητας ύδατος.

4.5 Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου

Από τον οργανοληπτικό έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα που συσκευάστηκαν σε άζωτο και σε αέρα, μετά από 15 και 30 ημέρες συντήρησης στους 4˚C δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά ούτε στην υφή, ούτε στην οσμή, ούτε στην γενικότερη εικόνα των ροδακίνων. Επομένως δεν μπορεί να βγεί κάποιο συμπέρασμα για την επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα δείγματα.

5. Συμπεράσματα

Η παρουσία εδώδιμων μεμβρανών χωρίς αντιμικροβιακό παράγοντα δεν επιρρεάζει τον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού *Listeria monocytogenes* σε σύγκριση με τους μάρτυρες, με εξαίρεση την περίπτωση του αλγινικού νατρίου. Εδώδιμες επικαλύψεις με βάση το αλγινικό νάτριο, την πηκτίνη και τον συνδιασμό τους, οι οποίες έχουν ενσωματωμένες βανιλίνη ή αιθέριο έλαιο κανέλας, μπορούν να μειώσουν τον πληθυσμό της *Listeria monocytogenes* στις φέτες ροδάκινα κομπόστας σε μεγαλύτερο ρυθμό σε σύγκριση με αυτά που δεν έχουν επικάλυψη ή έχουν επικάλυψη χωρίς αντιμικροβιακά, με εξαίρεση τις φέτες ροδάκινα με επικάλυψη αλγινικού και 0,3% κ.ο. βανιλίνη. Στην περίπτωση όπου σαν εδώδιμη μεμβράνη χρησιμοποιήθηκε το αλγινικό νάτριο το αντιμικροβιακό που έδρασε πιο έντονα στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* ήταν η βανιλίνη.Στην περίπτωση όπου σαν εδώδιμη μεμβράνη χρησιμοποιήθηκε η πηκτίνη το αντιμικροβιακό που έδρασε πιο έντονα στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* ήταν το αιθέριο έλαιο κανέλας. Τέλος στην περίπτωση όπου σαν εδώδιμη μεμβράνη χρησιμοποιήθηκε το αλγινικό νάτριο και η πηκτίνη το αντιμικροβιακό που έδρασε πιο έντονα στον ρυθμό μείωσης του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* ήταν η βανιλίνη. Όσον αφορά το πως σχετίζονται ο ρυθμός μείωσης του μικροοργανισμού με την συγκέντρωση των αντιμικροβιακών ουσιών, σε όλες τις περιπτώσεις των ροδακίνων κομπόστας ανεξαρτήτου είδους επικάλυψης και είδους αντιμικροβιακής ουσίας, οι ρυθμοί μείωσης αυξάνονται με την αύξηση της συγκέντρωσης της αντιμικροβιακής ουσίας.

6. Βιβλιογραφία

[1] Νάνος, Γεώργιος (2014). *ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑ Ι Σημειώσεις για ειδικά θέματα*. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 35.

[2]https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CE%B4%CE%AC%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%BF

[3] Crisosto, C. H. and Kader, A. A. (2000), Nectarines: Postharvest Quality Maintenance Guidelines Department of Pomology University of California Davis.

[4] Nanaki, E. A. and Koroneos, C. J. (2018), Sustainable Peach Compote Production: A Life Cycle Thinking Approach. *Sustainability,* 10: 4229.

[5] G. I. Olivas & G. V. Barbosa-Cánovas (2005), Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. Critical *Reviews in Food Science and Nutrition*, 45:7-8, 657-670.

[6] Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E. and Tobback, P. (2008), Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety Concerns. *Trends in Food Science & Technology,* 19: 103-112.

[7] Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K. and Bigger, S. (2003), Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. *Journal of Food Science*, 68: 408-420.

[8] Κανονισμός αριθ. 450/2009 της επιτροπής της 29ης Μαΐου 2009 σχετικά με τα ενεργά και νοήμονα υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έλθουν σε επαφή με τρόφιμα

[9] Guilbert, S., Gontard, N. and Cuq, B. (1995), Technology and applications of edible protective films. *Packaging Technology and Science*, 8: 339-346.

[10] Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A. and Voilley, A. (1998), Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38:4, 299-313.

[11] Kapetanakou, A. and Skandamis, P. (2016), Applications of active packaging for increasing microbial stability in foods: natural volatile antimicrobial compounds. *Current Opinion in Food Science*, 12: 1-12.

[12] Chiabrando, V. and Giacalone, G. (2016), Effect of chitosan and sodium alginate edible coatings on the postharvest quality of fresh-cut nectarines during storage. *Fruits*, 71: 79-85.

[13] Sipahi R.E., Castell-Perez M.E., Moreira R.G., Gomes C., Castillo A. (2013), Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*) LWT. *Food Science Technology*, 51: 9–15.

[14] Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S. and Marcotte, M. (2008), Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science & Technology*, 43: 951-957.

[15] Narsaiah, K., Wilson, R. A., Gokul, K., Mandge, H. M., Jha, S.N., Bhadwal, S., Anurag, R., Malik, R.K. and Vij, S. (2014), Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf life of minimally processed papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 100: 212-218.

[16] Ayala-Zavala, J.F., Silva-Espinoza, B.A., Cruz-Valenzuela, M.R., Leyva, J.M., Ortega-Ramírez, L.A., Carrazco-Lugo, D.K., Pérez-Carlón, J.J., Melgarejo-Flores, B.G., González-Aguilar, G.A. and Miranda, M.R.A. (2013), Pectin–cinnamon leaf oil coatings add antioxidant and antibacterial properties to fresh-cut peach. *Flavour and Fragrance Journal*, 28: 39-45.

[17] Kapetanakou, A., Manios, S. and Skandamis, P. (2014), Application of Edible Films and Coatings on Food. *Novel Food Preservation and Microbial Assessment Techniques*, 237-273.

[18] Guerreiro, A., Gago, C., Faleiro, M., Miguel, M. and Antunes, M. (2015), Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. *Scientia Horticulturae*, 194: 138-146.

[19] Pizato, S., Cortez-Vega, W.R., de Souza, J.T.A., Prentice-Hernández, C. and Borges, C.D. (2013), Quality of Peach with Different Edible Coatings. *Journal Food Safety*, 33: 30-39.

[20] Nualkaekul S, Lenton D, Cook MT, Khutoryanskiy VV, Charalampopoulos D. (2012), Chitosan coated alginate beads for the survival of microencapsulated Lactobacillus plantarum in pomegranate juice. *Carbohydrate Polymers*, 90: 1281-1287.

[21] Ramirez, M., Timón, M., Petrón, M. and Andrés, A. (2015), Edible Coatings for Preservation of Nectarine. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 2687-2697.

[22] Valdés, A., Burgos, N., Jiménez A. and Garrigós, M. C. (2015), Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings. *Coatings,* 5: 865-886.

[23] Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. (2008), Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*,50: 87–94.

[24] Balakrishnan B. and Jayakrishnan, A. (2005), Self-cross-linking biopolymers as injectable in situ forming biodegradable scaffold. *Biomaterials*, 26: 3941–3951.

[25] Lee, K. Y. and Mooney, D. J. (2012), Alginate: Properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 37: 106–126.

[26] George, M. and Abraham, T. E. (2006), Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan — a review. *Journal of Controlled Release*, 114: 1–14.

[27] Kaklamani, G., Cheneler, D., Grover, L. M., Adams, M. J. and Bowen, J. (2014), Mechanical properties of alginate hydrogels manufactured using external gelation. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 36: 135–142.

[28] Augst, A. D., Kong, H. J. and Mooney, D. J. (2006), Alginate Hydrogels as Biomaterials. *Macromolecular Bioscience*, 6: 623–633.

[29] Peppas, N. (2003), Hydrogels. Classes of materials used in medicine, 35-41.

[30] Bajpai, S. K. and Sharma, S. (2004), Investigation of swelling/degradation behavior of alginate beads crosslinked with Ca2+ and Ba2+ ions. *Reactive and Functional Polymers*, 59:129–140.

[31] Falagána, N., Artés, F. and Aguayo, E. (2018), Antimicrobial properties of edible coatings enriched with natural additives on fresh-cut peaches. *Acta Horticulturae*, 48: 519-526.

[32] Aguayo, M., Burgos, M., Pulido, R., Gálvez, A. and López, R. (2016), Effect of different activated coatings containing enterocin AS-48 against Listeria monocytogenes on apple cubes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35: 177–183.

[33] Rojas-Graù, M.A., Raybaudi-Massilia, R.M., Soliva-Fortuny, R.C., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H. and Martin-Belloso, O. (2007), Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 254–264.

[34] Díaz-Mula, H.D., Serrano, M., Valero, D. (2012), Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 2990–2997.

[35] Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L. and Zhang, B. (2009), Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (Fragaria × ananassa) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53: 84–90.

[36] Raybaudi-Massilia R.M., Mosqueda-Melgar J., Martín-Belloso O. (2008), Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology,* 121: 313–327.

[37] Azarakhsh N., Osman A., Ghazali H.M., Tan C.P., Mohd Adzahan N. (2014), Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88: 1–7.

[38] Costa, C., Conte, A., Buonocore, G., Lavorgna, M., and Del Nobile, M. (2012), Calcium-alginate coating loaded with silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots. *Food Research International*, 48: 164-169.

[39] Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. (2008), Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1287-1293.

[40] Jiang Z, Neetoo H, Chen H. (2011), Efficacy of freezing, frozen storage and edible antimicrobial coatings used in combination for control of Listeria monocytogenes on roasted turkey stored at chiller temperatures. *Food Microbiology*, 28: 1394-1401.

[41] Matiacevich, S., Acevedo, N. and López, D. (2015), Edible Coating for Preservation of Fresh Chicken. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 2792-2801.

[42] Datta, S., Janes, M., Xue, Q.-G., Losso, J. and La Peyre, J. (2008), Control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella anatum* on the Surface of Smoked Salmon Coated with Calcium Alginate Coating containing Oyster Lysozyme and Nisin. *Journal of Food Science*, 73: 67-71.

[43] Lucera, A., Mastromatteo, M., Conte, A., Zambrini, A., Faccia, M., & Del Nobile, M. (2014), Effect of active coating on microbiological and sensory properties of fresh mozzarella cheese. *Food packaging and shelf life*, *1*: 25-29.

[44] Ferrari, C. C, Sarantópoulos, C. I. G. L, Carmello-Guerreiro, S. M, & Hubinger, M. D. (2013). Effect of Osmotic Dehydration and Pectin Edible Coatings on Quality and Shelf Life of Fresh-Cut Melon. *Food and bioprocess technology*, *6*, 80-91.

[45] Moalemiyan, M.; Ramaswamy, H.S.; Maftoonazad, N. (2012), Pectin-based edible coating for shelf-life extension of ataulfo mango. *Journal of Food Process Engineering*, 35: 572-600.

[46] Treviño-Garza, M.Z., García, S., del Socorro Flores-González, M. and Arévalo-Niño, K. (2015), Edible Active Coatings Based on Pectin, Pullulan, and Chitosan Increase Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Food Science*, 80: M1823-M1830.

[47] Shariatifar, M. and Jafarpour, E. (2013), Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Apple. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3: 24-27.

[48] Chiabrando V. and Giacalone, G. (2016), Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28: 201-207.

[49] Vermeiren, L., Devlieghere, F., Beest, M., Kruijf, N. and Debevere, J. (1999), Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 77-86.

[50] Eswaranandam, S., Hettiarachhy, N. S., & Johnson, M. G. (2004), Antimicrobial activity of citric, lactic, malic, or tartaric acids and nisin incorporated soy protein film against Listeria monocytogenes, Eschericchia coli O157:H7, and Salmonella gaminara. *Journal of Food Science*, 69:79–84.

[51] Ouattara, B., Simard, R.E., Piette, G., Begin, A. and Holley, R.A. (2000), Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62:139–148.

[52] Do, T.K.T., Hadji-Minaglou, F., Antoniotti, S. and Fernandez, X. (2015), Authenticity of essential oils. *Trends in Analytical Chemistry*, 66: 146–157.

[53] Bakkali F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M. (2008), Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446–475.

[54] Burt, S. (2004), Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223 – 253.

[55] Sanchez-Gonzalez, L., Vargas, M., Gonzalez-Martınez, C., Chiralt, A. and Chafer, M. (2011), Use of Essential Oils in Bioactive Edible Coatings. *Food Engineering Reviews*, 3: 1-16.

[56] Lee, S.J., Umano, K., Shibamoto, T. and Lee, K.G. (2005), Identification of volatile components in basil (Ocimum basilicum L.) and thyme leaves (Thymus vulgaris L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 91:131–137.

[57] Souza, A. C., Gioto, G.E.O., Coelho, J.A. and Tadini, C.C. (2013) Cassava starch composite films incorporated with cinnamon essential oil: Antimicrobial activity, microstructure, mechanical and barrier properties. *Food Science and Technology*, 54:346-352.

[58] Carson, C.F., Mee, B.J. and Riley, T.V. (2002), Mechanism of action of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil on Staphylococcus aureus determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46: 1914–1920.

[59] Gustafson, J.E., Liew, Y.C., Chew, S., Markham, J.L., Bell, H.C., Wyllie, S.G. and Warmington, J.R. (1998), Effects of tea tree oil on Escherichia coli. *Letters in Applied Microbiology*, 26: 194–198.

[60] Ultee, A., Bennik, M.H. and Moezelaar, R. (2002), The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen Bacillus cereus. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 1561–1568.

[61] Walton, N.J., Mayer, M.J. and Narbad, A. (2003), Vanillin. *Phytochemistry,* 63: 505–515.

[62] Cava-Roda, R. MarÃa, Taboada-RodrÃguez, A., Valverde-Franco, M. Teresa, & MarÃn-Iniesta, F. (2012), Antimicrobial Activity of Vanillin and Mixtures with Cinnamon and Clove Essential Oils in Controlling Listeria monocytogenes and Escherichia coli O157:H7 in Milk. *Food and bioprocess technology, 5*: 2120-2131.

[63] Farber, M.J. and Peterkin, P.I. (1991), Listeria monocytogenes, a Food-Borne Pathogen. 55: 476-511.

[64] Πρίντεζη Αντωνία, (2013), Μεταπτυχιακή μελέτη: Μελέτη οριακών οξεοανθεκτικότητας του παθογόνου *Listeria Monocytogenes.*

[65] Ramaswamy, V., Cresence, M.V., Rejitha, J.S., Lekshmi, M.U., Dharsana, K.S., Prasad, S.P. and Vijila, H.M. (2007), Listeria- review of epidemiology and pathogenesis. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 40: 4-13.

[66] Pearson, L.J. and Marth, E.H. (1990), *Listeria monocytogenes* - Threat to a Safe Food Supply: A Review. *Journal of Dairy Science*, 73: 912-928.

[67] Gombas, D.E., Chen, Y., Clavero, R.S. and Scott, V.N. (2003), Survey of *Listeria monocytogenes* in Ready-to-Eat Foods. *Journal of Food Protection*, 66: 559-569.

[68] Buchanan, R.L., Damert, W.G., Whiting, R.C. and Schothorst, M. van (1997), Use of Epidemiologic and Food Survey Data to Estimate a Purposefully Conservative Dose-Response Relationship for Listeria monocytogenes Levels and Incidence of Listeriosis. *Journal of Food Protection*, 60: 918-922.

[69] Buchanan, R.L., Gorris, L.G.M., Hayman, M.M., Jackson, T.C. and Whiting, R.C. (2017), A review of Listeria monocytogenes: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*, 75: 1-13.

[70] Hawkes, N. (2019), Listeria outbreak: Hancock orders review of hospital food after deaths. *British Medical Journal*, 365.

[71] Jos H.J. Huis in't Veld (1996), Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview. *International Journal of Food Microbiology*, 33: 1- 18.

[72] Geeraerd, A.H., Valdramidis, V.P. and Impe, J.F. Van (2005), GInaFiT, a freeware tool to assess non-log-linear microbial survivor curves. *International Journal of Food Microbiology*, 102: 95– 105.