



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΙV: ΣΥΝΘΕΣΗΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ:

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΦΡΕΣΚΙΕΣ ΓΑΡΙΔΕΣ

ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ ΣΟΦΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΤΖΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΑΘΗΝΑ, 2018

Στην οικογένειά μου...

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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

Αρχικά οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες στην κα. Τζιά όχι μόνο για την ανάθεση του θέματος, αλλά και για τη διαρκή επιστημονική υποστήριξη, συμβουλευτική καθοδήγηση και κατανόηση που επέδειξε σε όλα τα στάδια υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο του επιστημονικού προσωπικού του εργαστηρίου, και ειδικότερα τη Δρ Βιργινία Γιάννου, για το ενδιαφέρον τους και την προθυμία τους να βοηθήσουν στην επίλυση κάθε απορίας μου σε όλη τη διάρκεια διενέργειας της πειραματικής διαδικασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ την εταιρεία ΚΟΝΤΟΒΕΡΟΣ Α.Ε. για την προμήθεια της πρώτης ύλης (γαρίδες) καθώς και την εταιρεία ΑΦΟΙ ΒΛΑΧΟΥ Α.Β.Ε. για την προσφορά του υλικού συσκευασίας.

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

Αθήνα, Φεβρουάριος 2018

Λαζαρίδου Σοφία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο τη μελέτη της επίδρασης ορισμένων εδωδίων επικαλύψεων με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών στη διατήρηση της γαρίδας υπό ψύξη.

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιήθηκαν φρέσκιες αποφλοιωμένες γαρίδες. Τα εδωδία επικαλυπτικά που εφαρμόστηκαν ήταν η χιτοζάνη, το CMC, η πηκτίνη, το αλγινικό νάτριο και το HPMC. Επιπλέον, στην επικάλυψη της χιτοζάνης ενσωματώθηκαν τα έλαια ρίγανης, κορίανδρου, λεμονιού και μάραθου ως υλικά με αντιμικροβιακή δράση (φυσικά αντιμικροβιακά). Τέλος, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κατάλληλη συσκευασία και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 4 °C.

Στα αποθηκευμένα δείγματα γαρίδας έγιναν δειγματοληψίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα και πραγματοποιήθηκαν μικροβιολογικές αναλύσεις, με τη μέθοδο της ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε τρυβλία με υπόστρωμα PCA (Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα) και την τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων. Πραγματοποιήθηκαν επίσης μετρήσεις του pH, της % απώλειας βάρους, προσδιορισμός της περιεχόμενης TMA, του TVBN και του δείκτη TBA των δειγμάτων. Επιπλέον, μελετήθηκε η εξέλιξη ως προς το χρόνο των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων γαρίδας, συγκεκριμένα της υφής (σκληρότητα βάσει της κοπής, σκληρότητα βάσει της συμπίεσης, ελαστικότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες και μασητικότητα) καθώς και του χρώματος της επιφάνειας αυτών (σε κλίμακα L,a,b). Για τα δείγματα γαρίδας στα οποία ενσωματώθηκε φυσικό αντιμικροβιακό εξετάστηκε και το οργανοληπτικό χρώμα, η υφή με το χέρι, και η ένταση του αρώματος και της αλλοίωσης. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων εξέτασε για πιθανόν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων είτε με διαφορετική επικαλυπτική μεμβράνη είτε και με διαφορετική προσθετική αντιμικροβιακή ουσία ενσωματωμένη στη μεμβράνη χιτοζάνης.

Τα αποτελέσματα για την ολική μικροβιακή χλωρίδα έδειξαν ότι τόσο η επικάλυψη γενικώς με μεμβράνες όπως και η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών στη μεμβράνη της χιτοζάνης λειτουργούν θετικά και παρέχουν προστασία στις γαρίδες ως προς τις μικροβιολογικές αλλοιώσεις σε σχέση με τα τυφλά δείγματα. Συγκεκριμένα όσον αφορά τις επικαλυπτικές μεμβράνες που μελετήθηκαν πιο αποτελεσματικές βρέθηκαν οι μεμβράνες χιτοζάνης και CMC, ενώ από τα φυσικά αντιμικροβιακά που εξετάστηκαν τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το φυσικό αντιμικροβιακό έλαιο μάραθου.

Οι επικαλυπτικές μεμβράνες και τα φυσικά αντιμικροβιακά επέδρασαν θετικά σε ότι αφορά την απώλεια βάρους %, όπου η επικάλυψη αλγινικού νατρίου και το αιθέριο έλαιο λεμονιού διατήρησαν σταθερότερο το βάρος των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα για το pH έδειξαν μικρές μεταβολές του κατά την αποθήκευση των δειγμάτων. Ωστόσο η χρήση της εδώδιμης μεμβράνης CMC προσέδωσε τη μεγαλύτερη σταθερότητα στο pH. Η ενσωμάτωση του φυσικού αντιμικροβιακού λεμονιού στην επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης διατήρησε το pH σχεδόν σταθερό.

Η χρήση των εδώδιμων επικαλύψεων και των φυσικών αντιμικροβιακών περιορίσε την αύξηση της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) και του TVBN. Και για τις δύο μεταβλητές την καλύτερη ανασταλτική δράση παρουσίασε η επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης. Η ενσωμάτωση του αιθέριου ελαίου λεμονιού είχε ως αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση των τιμών. Όσον αφορά το δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) η μικρότερη τιμή εμφανίστηκε για το δείγμα με επικάλυψη πηκτίνης. Τα αποτελέσματα ήταν ακόμα καλύτερα στην περίπτωση που αιθέριο έλαιο λεμονιού προστέθηκε στην επικάλυψη χιτοζάνης.

Από τις αναλύσεις υφής στα δείγματα προέκυψε ότι τα χαρακτηριστικά της παρουσίασαν κάποιες μεταβολές. Όπως αποδείχτηκε, η επικάλυψη CMC προσέδωσε σταθερότητα σε ότι αφορά τη σκληρότητα και την ελαστικότητα των δειγμάτων. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τη συνεκτικότητα, το κομμώδες και τη μασητικότητα έδωσε η επικάλυψη χιτοζάνης. Τα ενσωματωμένα στην επικάλυψη χιτοζάνης έλαια φαίνεται να προσέδωσαν μία σταθερότητα μόνο σε ότι αφορά τη σκληρότητα και τη συνεκτικότητα των δειγμάτων.

Η μεταβολή του ολικού χρώματος φαίνεται να περιορίστηκε σημαντικά με την εφαρμογή των εδώδιμων επικαλύψεων. Σε ότι αφορά τη φωτεινότητα δεν εντοπίστηκαν μεγάλες διαφορές μεταξύ των δειγμάτων.

Από την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων έγινε αντιληπτό ότι η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών περιορίσε την αλλοίωση των γαρίδων.

Τέλος, από τη συνολική αξιολόγηση των δειγμάτων γαρίδας αποδείχτηκε ότι η επικάλυψη χιτοζάνης έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αφορά τις μεταβλητές αλλοίωσης, ενώ η επικάλυψη CMC ήταν η πιο αποτελεσματική σε ότι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων. Τα έλαια λεμονιού και μάραθου που ενσωματώθηκαν στην επικάλυψη χιτοζάνης βοήθησαν στη διατήρηση των γαρίδων υπό ψύξη.

Λέξεις-κλειδιά: γαρίδες, εδώδιμη μεμβράνη, χιτοζάνη, CMC, πηκτίνη, αλγινικό νάτριο, HPMC, φυσικά αντιμικροβιακά, αλλοίωση γαρίδων

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis was to study the effect of certain edible coatings with or without the insertion of natural antimicrobials during the refrigerated storage of shrimp.

The raw materials used were fresh peeled-off shrimps. The edible coatings which were applied were chitosan, CMC, pectin, sodium alginate and HPMC. In addition, in the chitosan membrane, natural plant extracts with antimicrobial activity (oils of oregano, coriander, lemon and fennel) were included. The samples were properly packaged and stored at 4°C. During storage the alteration of quality and microbiological parameters of the shrimp samples was monitored. In the shrimp samples, microbiological analyses were carried out at regular intervals, by the method of microorganisms growth in Plate Count Agar (PCA) substrate using the serial dilution technique. Furthermore, measurements of pH and % weight loss were performed, as well as the determination of the contained TMA, TVBN and TBA values of the samples. In addition, the evolution in time of the qualitative characteristics of the samples was studied, namely the texture (hardness, elasticity, consistency, gumminess, tenderness) and also the colour of the surface (in L, a, b scale). Concerning the shrimp samples where a natural antimicrobial was included, sensorial colour, texture by hand, odor and spoilage were also examined. The statistical analysis of measurements data that followed tested for potentially significant differences between samples with different coating film and/or with different antimicrobial additive incorporated in the chitosan membrane.

The results for the total viable count (PCA) showed that both the edible coating and the inclusion of natural antimicrobials into the chitosan membrane had a positive impact and provided good protection against the microbiological spoilage of samples in comparison with the blank samples. Particularly, regarding edible coatings, chitosan and CMC appeared to be more effective, whereas out of the natural antimicrobials, fennel oil produced the best results.

Edible coatings and natural antimicrobials had a positive effect on the % of weight loss with the sodium alginate coating and the lemon essential oil showing the smallest variations. The pH results revealed slight changes during storage. However the use of CMC coating contributed to the greatest stability. Inclusion of lemon essential oil in chitosan coating kept pH almost stable.

The use of edible coatings and natural antimicrobials reduced the increase of the trimethylamine (TMA) and TVBN in the samples. For both variables, chitosan coating caused the best inhibitory effect. The insertion of lemon essential oil in chitosan coating resulted in a further decrease in TMA and TVBN values. Regarding the thiobarbituric acid (TBA), pectin coating showed the lowest value. Results were even better if lemon essential oil was added in chitosan coating.

From the texture analyses of the samples it turned out that texture characteristics presented some changes. As it was proven, the CMC coating provided stability in the samples in terms of hardness and elasticity. The same results were obtained in the samples for cohesiveness, gumminess and tenderness by chitosan coating. Essential oils added in chitosan coating appeared to provide stability in the samples only in terms of hardness and cohesiveness.

The change in the overall colour appeared to be greatly reduced by the application of edible coatings. Concerning the brightness, the differences between the samples were trivial.

Sensory evaluation of samples showed that the inclusion of natural antimicrobials in chitosan coating, reduced shrimp's spoilage.

Finally, the overall evaluation of shrimp samples showed that the chitosan coating gave the best results in terms of spoilage variables, while the CMC coating was the most effective in terms of quality characteristics of the shrimp samples. The addition of lemon and fennel oil in chitosan coating preserved shrimps during refrigerated storage.

Key words: shrimp, edible coating, chitosan, CMC, pectin, sodium alginate, HPMC, natural antimicrobials, shrimp spoilage

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Συστηματική κατάταξη, Χημική Σύνθεση και Βιολογική Αξία οστρακοειδών	17
1.1 Συστηματική κατάταξη Οργανισμών.....	18
1.2 Οστρακοειδή	21
1.2.1 Καρκινοειδή	22
1.2.2 Μαλάκια	27
1.3 Διαθεσιμότητα, Χειρισμός και Κατανάλωση Οστρακοειδών	29
1.3.1 Παγκόσμια Παραγωγή	29
1.3.2 Γενικός χειρισμός και επεξεργασία των οστρακοειδών.....	30
1.3.3 Κατανάλωση οστρακοειδών	30
1.4 Σύσταση των οστρακοειδών	30
1.4.1 Πρωτεΐνες.....	31
1.4.2 Ελεύθερα αμινοξέα	32
1.4.3 Λιπίδια.....	33
1.4.4 Χοληστερόλη και άλλες στερόλες	34
1.4.5 Υδατάνθρακες	34
1.4.6 Καροτενοειδή	35
1.4.7 Βιταμίνες.....	35
1.4.8 Ανόργανα άλατα.....	39
1.4.9 Απόδοση σε κρέας.....	40
1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση	41
1.6 Θρεπτική αξία και οφέλη των οστρακοειδών για την υγεία	42

1.7 Προϊόντα που προέρχονται από οστρακοειδή	46
1.8 Αλλεργιογόνες ουσίες στα Μαλακόστρακα και τα Μαλάκια.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Παράγοντες αλλοίωσης & φρεσκότητα αλιευμάτων	48
2.1 Εισαγωγή	48
2.2 Αλλοίωση των αλιευμάτων.....	48
2.2.1 Παράγοντες Αλλοίωσης	49
2.2.2 Σημάδια/Ενδείξεις αλλοίωσης	51
2.3 Φρεσκότητα των αλιευμάτων	54
2.4 Αξιολόγηση της ποιότητας του κρέατος της γαρίδας	56
2.4.1 Αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών	57
2.4.2 Αξιολόγηση των μικροβιολογικών παραμέτρων	58
2.4.3 Αξιολόγηση των βιοχημικών παραμέτρων	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συντήρηση των αλιευμάτων	64
3.1 Εισαγωγή	64
3.2 Συντήρηση αλιευμάτων	65
3.2.1 Συντήρηση αλιευμάτων με ψύξη & κατάψυξη	65
3.2.2 Συντήρηση αλιευμάτων με κονσερβοποίηση.....	74
3.2.3 Συντήρηση αλιευμάτων με ξήρανση.....	75
3.2.4 Συντήρηση αλιευμάτων με κάπνισμα	76
3.2.5 Συντήρηση αλιευμάτων με αλάτισμα.....	78
3.2.6 Συντήρηση αλιευμάτων με μαρινάρισμα	78
3.2.7 Συντήρηση με ιονίζουσες ακτινοβολίες.....	80
3.2.8 Διατήρηση αλιευμάτων με προσθήκη χημικών πρόσθετων	82
3.3 Συσκευασία.....	85
3.4 Συνδυασμός τεχνολογιών συσκευασίας με άλλες μεθόδους συντήρησης.....	90
3.5 Εφαρμοζόμενες τεχνολογίες συντήρησης στις γαρίδες.....	92
3.6 Μελλοντικές προοπτικές για τη διατήρηση των νωπών ψαριών και των θαλασσινών	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Διασφάλιση ποιότητας ιχθυρών	96
4.1 Εισαγωγή	96
4.2 Έννοια του HACCP	98
4.3 Στάδια ανάπτυξης ενός σχεδίου HACCP	99
4.4 Εισαγωγή-Ανάλυση κινδύνων επεξεργασίας ιχθυρών	99
4.4.1 Βιολογικοί κίνδυνοι.....	100
4.4.2 Χημικοί Κίνδυνοι.....	102
4.4.3 Φυσικοί κίνδυνοι.....	103
4.5 Προσδιορισμός των CCPs-κρίσιμα όρια-διαδικασίες παρακολούθησης	103
4.6 Παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος HACCP σε γαρίδες.....	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εδώδιμες μεμβράνες.....	115
5.1 Εισαγωγή	115
5.2 Ιστορική θεώρηση των εδώδιμων επικαλύψεων	115
5.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.....	116
5.4 Απαιτήσεις από τις εδώδιμες μεμβράνες	117
5.5 Μέθοδοι εφαρμογής εδώδιμων επικαλύψεων.....	118
5.6 Σύνθεση των εδώδιμων επικαλύψεων	119
5.5.1 Εδώδιμες επικαλύψεις από Πολυσακχαρίτες.....	119
5.5.2 Εδώδιμες επικαλύψεις που βασίζονται στις πρωτεΐνες.....	123
5.5.3 Εδώδιμες επικαλύψεις που βασίζονται στα λιπίδια	125
5.5.4 Σύνθετες και πολυστρωματικές μεμβράνες	126
5.6 Παραδείγματα Εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών.....	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Φυσικά Αντιμικροβιακά	131
6.1 Εισαγωγή	131
6.2 Φυσικά αντιμικροβιακά από φυτικές πηγές.....	131
6.2.1 Allium	132
6.2.2 Υδροξυκιναμωμικά οξέα και σχετικές ενώσεις	132

6.2.3 Ισοθειοκυανιούχες ενώσεις.....	132
6.2.4 Μπαχαρικά και αιθέρια έλαια	133
6.3 Ιστορική αναδρομή αιθερίων ελαίων.....	134
6.4 Σύγχρονες χρήσεις των αιθερίων ελαίων.....	134
6.4.1 Αιθέριο έλαιο ρίγανης.....	135
6.4.2 Αιθέριο έλαιο Κορίανδρου.....	137
6.4.3 Αιθέριο έλαιο Μάραθου.....	139
6.4.4 Αιθέριο έλαιο λεμονιού.....	141
6.5 Ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε εδώδιμες μεμβράνες.....	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Πειραματικό μέρος	143
7.1 Σκοπός.....	143
7.2 Συσκευές, όργανα και υλικά	143
7.2.1 Υλικά.....	143
7.2.2 Όργανα & Συσκευές.....	144
7.3 Πειραματική διαδικασία	145
7.3.1 Παρασκευή ομάδας δειγμάτων	145
7.4 Μετρήσεις & Αναλύσεις.....	147
7.5 Σχεδιασμός των πειραμάτων.....	158
7.6 Στατιστική Επεξεργασία	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Αποτελέσματα και Συζήτηση	161
8.1 Εισαγωγή	161
8.2 1η Σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη με μεμβράνες	162
8.2.1 Μικροβιολογικές Αναλύσεις.....	162
8.2.2 % Απώλεια Βάρους.....	166
8.2.3 Αναλύσεις pH.....	170
8.2.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA).....	174

8.2.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN)	178
8.2.6 Ανάλυση θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA).....	182
8.2.7 Σκληρότητα βάσει της κοπής	186
8.2.8 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης.....	190
8.2.9 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης.....	194
8.2.10 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης.....	198
8.2.11 Κομμιώδες βάσει της συμπίεσης.....	202
8.2.12 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης.....	206
8.2.13 Φωτεινότητα.....	210
8.2.14 Μεταβολή του ολικού χρώματος	214
8.2.15 Ανάλυση Κύριων συνιστωσών (PCA).....	219
8.3 2η Σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών	222
8.3.1 Μικροβιολογικές Αναλύσεις.....	222
8.3.2 Απώλεια Βάρους %.....	223
8.3.3 Αναλύσεις pH.....	225
8.3.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA)	226
8.3.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN)	227
8.3.6 Ανάλυση θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA).....	228
8.3.7 Σκληρότητα βάσει της κοπής	229
8.3.8 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης.....	230
8.3.9 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης.....	231
8.3.10 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης.....	232
8.3.11 Κομμιώδες βάσει της συμπίεσης.....	233
8.3.12 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης.....	234
8.3.13 Φωτεινότητα.....	235
8.3.14 Μεταβολή του ολικού χρώματος	237

8.3.15 Οργανοληπτικό χρώμα.....	239
8.3.16 Οργανοληπτική υφή.....	240
8.3.17 Οργανοληπτικό άρωμα.....	241
8.3.18 Εκτίμηση αλλοίωσης οργανοληπτικά.....	242
8.2.19 Ανάλυση κύριων συνιστωσών.....	243
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Συμπεράσματα & Προτάσεις για το μέλλον.....	246
9.1 Συμπεράσματα.....	246
9.2 Προτάσεις για το μέλλον.....	249
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	251
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	264

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γαρίδες είναι μία εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών, αμινοξέων, ω-3 λιπαρών οξέων όπως επίσης και άλλων θρεπτικών συστατικών. Ωστόσο, αυτή η πλούσια βιολογική αξία τις καθιστά ιδιαίτερα ευαίσθητες σε μικροβιολογική αλλοίωση, περιορίζοντας έτσι και την διάρκεια της ζωής τους.

Οι απαιτήσεις των καταναλωτών για ασφαλή υγιεινά και με σταθερή ποιότητα τρόφιμα ολοένα και αυξάνονται. Πολλοί καταναλωτές ενδιαφέρονται για τη διατροφή και την υγεία τους. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει τη βιομηχανία τροφίμων στην προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας και της ασφάλειας των θαλασσινών και στην αναζήτηση νέων μεθόδων διατήρησής τους, καλύπτοντας έτσι τις απαιτήσεις των καταναλωτών.

Τα τελευταία χρόνια, μεγάλο ενδιαφέρον υπάρχει για την εύρεση υλικών με δυνατότητα σχηματισμού μεμβράνης ή/και με αντιμικροβιακή δραστηριότητα, που θα ενισχύσουν την ασφάλεια των τροφίμων και θα επιμηκύνουν το χρόνο ζωής τους. Οι εδώδιμες μεμβράνες σήμερα εφαρμόζονται ευρέως για την προστασία και τη συντήρηση των τροφίμων λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων τους έναντι των συνθετικών υλικών, όπως το για παράδειγμα ότι είναι βιοδιασπώμενες και φιλικές προς το περιβάλλον. Ένα άλλο πλεονέκτημα των επικαλυπτικών μεμβρανών είναι ότι μπορούν να καταναλωθούν μαζί με το επικαλυπτόμενο προϊόν.

Επιπλέον, το γεγονός ότι τα χημικά συντηρητικά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, οδήγησε τους επιστήμονες στην αντικατάστασή τους από φυσικά αντιμικροβιακά. Τα συστατικά αυτά έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν τη μικροβιακή αλλοίωση και να βελτιώνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων.

Τέλος, συνεχώς είναι οι μελέτες που γίνονται σχετικά με τη δράση των ενσωματωμένων φυσικών αντιμικροβιακών στις εδώδιμες μεμβράνες. Αυτού του είδους οι επικαλυπτικές μεμβράνες επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής και διατηρούν την ποιότητα στα τρόφιμα, εμποδίζοντας τη μικροβιολογική αλλοίωση των προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Συστηματική κατάταξη, Χημική Σύνθεση και Βιολογική Αξία οστρακοειδών

Τα θαλασσινά παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ποικιλία από όλα τα άλλα ζωικά τρόφιμα. Τα θηλαστικά που καταναλώνονται (βοδινό, χοιρινό, αρνί, κατσίκι) ή τα πουλερικά (κότα, γαλοπούλα, χήνα και πάπια) αντιπροσωπεύονται από πολύ λίγα είδη, ενώ τα ψάρια και τα άλλα υδρόβια ζώα παρουσιάζουν πληθώρα ειδών και ποικιλιών. Η ομάδα των ψαριών αντιπροσωπεύεται από 25.000-35.000 είδη. Ωστόσο, μόνο ένα μικρό ποσοστό τους περίπου το 5% υπάρχει στους ωκεανούς του πλανήτη σε ποσότητες αρκετά μεγάλες που να επιτρέπουν μία οικονομική χρήση. Μερικά από αυτά τα είδη, περίπου το 5%, διαθέτουν τις επιθυμητές οργανοληπτικές ιδιότητες και παρέχουν καλή απόδοση σε κρέας που μπορεί να δικαιολογήσει την αλιείωση ή την επεξεργασία τους [1].

Μία άλλη διαφορά σε σύγκριση με τα επίγεια ζώα είναι ότι η ποιότητα (μέγεθος, κατάσταση ωριμότητας, θρεπτική κατάσταση, μόλυνση με παράσιτα, ρυπαντικό φορτίο κλπ.) των υδρόβιων ζώων, όταν αλιεύονται με τεχνικές αλιείας, είναι εκτός εξαιρέσεων άγνωστη. Αν και τα χερσαία ζώα έχουν σήμερα προσαρμοστεί σύμφωνα με τις επιθυμίες του κλάδου και του καταναλωτή, όσον αφορά το βάρος, τη σύνθεση του σώματος, την εμφάνιση και τις οργανοληπτικές ιδιότητες, στην περίπτωση των θαλασσινών που αλιεύονται, πρέπει να είναι αποδεκτά όπως είναι τη στιγμή της αλίευσης [1].

Τα ψάρια και τα άλλα θαλασσινά, επιπλέον, είναι εξαιρετικά ευαίσθητα προϊόντα, όταν αποθηκεύονται χωρίς ψύξη. Αλλοιώνονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα σε λίγες ημέρες και μόνο η σωστή αποθήκευσή τους στον πάγο ή σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής τους μέχρι εβδομάδες ή μήνες [1].

Η παγκόσμια προσφορά θαλασσινών για το 2007 ανήλθε συνολικά σε 143 εκατομμύρια τόνους. Αν και η ποσότητα των αλιευόμενων ψαριών είναι σχεδόν σταθερή (περίπου 90 εκατομμύρια τόνοι/έτος) από το 1990, μετά από συνεχή ανάπτυξη για περισσότερα από 40 έτη, η υδατοκαλλιέργεια αυξάνεται δραματικά (1960: 2 εκατομμύρια τόνοι, 1970: 4 εκατομμύρια τόνοι 1980: 7 εκατομμύρια τόνοι, 1990: 16 εκατομμύρια τόνοι, 2000: 40 εκατομμύρια τόνοι). Η στασιμότητα της ποσότητας των αλιευθέντων ψαριών οφείλεται κυρίως σε πλήρως ή μερικώς εκμεταλλεζόμενα αποθέματα.

Οι σημαντικότερες χώρες πρωτογενούς παραγωγής προϊόντων θαλάσσιας και εσωτερικής αλιείας (γλυκού νερού) το 2005 ήταν η Κίνα (17,1 εκατομμύρια τόνοι), το Περου (9,4 εκατομμύρια τόνοι), οι ΗΠΑ (4,9 εκατομμύρια τόνοι), η Ινδονησία (4,4 εκατομμύρια τόνοι),

η Ιαπωνία (4,1 εκατομμύρια τόνοι), η Ινδία (3,5 εκατομμύρια τόνοι), η Ρωσία (3,2 εκατομμύρια τόνοι), η Ταϊλάνδη (2,6 εκατομμύρια τόνοι) και η Νορβηγία (2,4 εκατομμύρια τόνοι).

Το 75% περίπου της συνολικής προσφοράς θαλασσινών παγκοσμίως χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, το 25% μετατρέπεται σε ιχθυάλευρα και άλλα μη εδώδιμα προϊόντα, το 40% καταναλώνεται ως έχει χωρίς περαιτέρω τεχνολογική επεξεργασία ή συντήρηση, περίπου το 20% μετατρέπεται σε κατεψυγμένα προϊόντα, το 8% μετατρέπεται σε προϊόντα που έχουν υποστεί επεξεργασία και το άλλο 8% σε κονσέρβες [1].

Ποικιλία των υδρόβιων ζώων

Η ποικιλία των υδρόβιων ζώων μπορεί να περιγραφεί και να εξηγηθεί με πολύ διαφορετικούς τρόπους. Με βάση τα ταξινομικά κριτήρια, υπάρχουν διαφορετικές ομάδες όπως οστεώδη και χονδροειδή ψάρια, καρκινοειδή και μαλάκια, τα οποία είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ τους στην εμφάνιση, τη σύνθεση και τις θρεπτικές τους ιδιότητες. Τα ψάρια ως κύρια ομάδα που συμβάλλει στην παγκόσμιο εφοδιαστική αλυσίδα, κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με το σχήμα τους σε στρογγυλά, επίπεδα, χέλια κοκ. ή ανάλογα με την εμφάνισή τους στο βάθος του ωκεανού, σε ψάρια του πελάγους, του βυθού και τα βενθοπελαγικά ψάρια. Μπορούν επίσης να τα ομαδοποιηθούν ανάλογα με την περιεκτικότητα σε λιπαρά σε τρεις ομάδες: χαμηλών λιπαρών (<1% λίπος), μεσαίων λιπαρών (> 1% έως <10% λιπαρά) και λιπαρών (> 10% λιπαρά) ψαριών [1].

1.1 Συστηματική κατάταξη Οργανισμών

Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, ζωικοί και φυτικοί, για τη συστηματικότερη και ευκολότερη μελέτη τους, ταξινομούνται με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά (μορφολογία, ανατομία, ιστολογία, οικολογία κλπ.) σε μεγάλες ομάδες τις συνομοταξίες, οι οποίες χωρίζονται σε μικρότερες με φθίνουσα διάταξη, τις υποσυνομοταξίες, υπερομοταξίες, ομοταξίες, υφομοταξίες, υπερτάξεις, τάξεις, οικογένειες, γένη, είδη, υποείδη και φυλές.

Η συνομοταξία είναι η μεγαλύτερη ομάδα του ζωικού ή φυτικού βασιλείου, η οποία χωρίζεται σε υποσυνομοταξίες, υπερομοταξίες, και αυτές σε ομοταξίες. Οι ομοταξίες περιλαμβάνουν υφομοταξίες, που χωρίζονται σε υπερτάξεις και αυτές σε τάξεις. Κάθε τάξη περιλαμβάνει οικογένειες με πολλά ή λίγα γένη και κάθε γένος περιλαμβάνει πολλά ή λίγα είδη. Τέλος, τα είδη χωρίζονται σε υποείδη και αυτά σε φυλές [2].

Έχει καθιερωθεί για το χαρακτηρισμό της τελευταίας ομάδας των ζωντανών οργανισμών ο όρος φυλή για τους ζωικούς οργανισμούς και ποικιλία για τους φυτικούς.

Άτομα που ανήκουν στο ίδιο είδος διασταυρώνονται ελεύθερα και δίνουν απογόνους που είναι όμοιοι με τους γεννήτορές τους.

Αντίθετα, η διασταύρωση μεταξύ διαφορετικών ειδών είναι αδύνατη και σε όσες περιπτώσεις πραγματοποιείται δίνει στειρούς απογόνους.

Ο Γάλλος George Cuvier (1769-1832) έδωσε έναν από τους πλέον επιτυχείς ορισμούς του είδους: το σύνολο των ζωντανών οργανισμών που προέρχονται από κοινούς γονείς προς τους οποίους μοιάζουν όσο και οι ίδιοι μεταξύ τους.

Είδος: είναι το σύνολο των ζωντανών οργανισμών, που έχουν τους ίδιους ή λίγο διαφορετικούς μεταξύ τους γονότυπους, και οι οποίοι αναπαράγονται αποκλειστικά μεταξύ τους.

Το είδος είναι μία αυστηρά καθορισμένη ομάδα ζωντανών οργανισμών. Αντίθετα, το γένος, η οικογένεια, η τάξη κλπ. αντιπροσωπεύουν τεχνητές διαιρέσεις.

Η επιστημονική ονομασία των ζωντανών οργανισμών δίνεται με δύο λέξεις της λατινικής γλώσσας, από τις οποίες η πρώτη χαρακτηρίζει το γένος και η δεύτερη το είδος. π.χ. το επιστημονικό όνομα της πέστροφας είναι *Salmo trutta*. Η πρώτη λέξη χαρακτηρίζει το γένος (*Salmo*) και η δεύτερη το είδος (*trutta*).

Όταν υπάρχει και υποείδος, τότε προστίθεται και τρίτη λέξη, η οποία και το προσδιορίζει. π.χ. η λιμνίσια πέστροφα δίνεται επιστημονικά με την ονομασία:

Salmo-trutta-lacustris(Γένος-είδος-υποείδος) [2].

Ζωικό Βασίλειο

Όλοι οι ζωικοί οργανισμοί ταξινομούνται σήμερα στις παρακάτω δεκαέξι συνομοταξίες, με προοδευτική σειρά εξέλιξης, από τις κατώτερες προς τις ανώτερες και περισσότερο εξελιγμένες μορφές:

- 1. Πρωτόζωα:** μονοκύτταροι ζωικοί οργανισμοί. Περιλαμβάνουν 30.000 είδη, που ζουν στις θάλασσες, τα γλυκά νερά και την ξηρά, όπου υπάρχει υγρασία (αμοιβάδες, τρυπανοσώματα, ακτινόζωα, περιδίνια κλπ.).
- 2. Σπόγγοι:** Θαλασσινά ζώα που μοιάζουν με φυτά, και ζούν κατά κοινωνίες, κολλημένα πάνω στο βυθό. Είναι τα απλούστερα πολυκύτταρα ζώα.
- 3. Κνιδόζωα:** υδρόβια θαλασσινά ζώα, που ζουν είτε μόνα τους, είτε κατά αποικίες στην επιφάνεια της θάλασσας ή προσκολλημένα στο βυθό. Τα κνιδόζωα μαζί με τα κτενοφόρα, ονομάζονταν παλαιότερα κοιλοκεντρώα. Περιλαμβάνουν τρεις ομοταξίες: α) Υδρόζωα (υδρομέδουσες, φουσαλίες κλπ.), β) Σκυφόζωα (μέδουσες, τσούχτρες κλπ.) και γ) Ανθόζωα (κοράλλια). Όλα τα

κνιδόζωα χαρακτηρίζονται από την παρουσία κνιδοκυττάρων ή νηματοκύστεων.

4. **Κτενοφόρα:** Θαλασσινά ζώα χωρίς κνιδοκύτταρα ή νηματοκύστες.
5. **Πλατυέλμινθες:** Η συνομοταξία αυτή μαζί με τις υπόλοιπες τρεις που ακολουθούν (νημερτίνοι, νηματέλμινθες, ακανθοκέφαλοι), χαρακτηρίζεται πολλές φορές και με τη γενική ονομασία σκώληκες. Πολλοί όμως επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα διάφορα είδη των σκουληκιών ανήκουν σε διαφορετικές συνομοταξίες. Οι πλατυέλμινθες περιλαμβάνουν τα πλατιά σκουλήκια με χαρακτηριστικούς εκπροσώπους τα διάφορα είδη ταινιών που είναι παράσιτα των θηλαστικών (ταινία η άοπλη, ταινία η ένοπλη, εχινόκοκκος κλπ.).
6. **Νημερτίνοι:** Υδρόβια σκουλήκια, χωρίς εξωτερικούς δακτυλίους στο σώμα τους.
7. **Νημετέλμινθες:** Κυλινδρικά σκουλήκια, χωρίς εξωτερικούς δακτυλίους στο σώμα τους. Περιλαμβάνουν γνωστά παράσιτα του ανθρώπου.
8. **Ακανθοκέφαλοι:** Παρασιτικά σκουλήκια.
9. **Νηματόμορφοι:** Υδρόβια σκουλήκια, μήκους 10 cm μέχρι 1,5 m με διάμετρο μόνο 0,5mm.
10. **Δακτυλιοσκώληκες:** Σκουλήκια που το σώμα τους αποτελείται από δακτυλίους ή μεταμερίδια. Περιλαμβάνουν τα τυπικά σκουλήκια της θάλασσας, της ξηράς και τις βδέλλες.
11. **Βρυόζωα:** Υδρόβια ζώα που ζουν πάνω στους βράχους, τα πλοία, τα κοχύλια και γενικά πάνω σε κάθε σταθερό ή κινητό στήριγμα. Μοιάζουν με φυτά.
12. **Βραχιονόποδα:** Θαλασσινά ζώα, με μαλακό σώμα που είναι κλεισμένο μέσα σε ένα δίθυρο κοχύλι, από κεράτινη ουσία ή αβεστόλιθο.
13. **Μαλάκια:** Είναι κυρίως υδρόβια ζώα, που ζουν στη θάλασσα, στα γλυκά νερά και στην υγρή ξηρά. Αριθμούν 45.000 είδη. Περιλαμβάνουν πέντε ομοταξίες: Αμφίνευρα - Ελασματοβραγχιωτά - Κεφαλόποδα - Γαστερόποδα - Σκαφόποδα.
14. **Αρθρόποδα:** Είναι η μεγαλύτερη συνομοταξία του ζωικού βασιλείου. Περιλαμβάνει 1.000.000 είδη, από τα οποία το 90% είναι έντομα. Χωρίζεται σε επτά ομοταξίες: Μερόστομα - Παντόποδα - Αραχνίδια - Καρκινοειδή - Μυριάποδα Χειλόποδα - Έντομα.
15. **Εχινόδερμα:** Θαλασσινά ζώα, με βασικό χαρακτηριστικό την ακτινική, πενταμερή συμμετρία του σώματός τους (αστερίες, αχινοί, οφίουροι, ολοθούρια κλπ.).

Περιλαμβάνει πέντε ομοταξίες: Κρινοειδή - Εχινοειδή - Αστεροειδή - Οφιουροειδή - Ολοθουροειδή.

16. Χορδωτά: Αποτελεί την τελειότερη συνομοταξία, από εξελκτική άποψη. Περιλαμβάνει υποσυνομοταξίες: α) Χιτινόζωα, β) Κεφαλοχορδωτά ή ακράνια, και γ) Σπονδυλωτά ή σπονδυλόζωα. Τα σπονδυλωτά ή σπονδυλόζωα περιλαμβάνουν 7 ομοταξίες: Άγναθα ή Κυκλόστομα - Χονδριχθές - Οστέιχθές - Αμφίβια - Ερπετά - Πουλιά και Θηλαστικά. Οι 3 πρώτες ομοταξίες αφορούν τα ψάρια. Η πρώτη τα πρωτόγονα ψάρια, η δεύτερη τα ψάρια με χονδρικό σκελετό και η τρίτη τα ψάρια με οστέινο σκελετό.

Στα αλιεύματα περιλαμβάνονται ζωικά είδη που ανήκουν στις παρακάτω έξι συνομοταξίες:

1. Σπόγγοι (τα γνωστά σφουγγάρια)
2. Κνιδόζωα (Κοράλλια, θαλασσινές ανεμώνες)
3. Μαλάκια (Ελασματοβράχια ή δίθυρα κεφαλόποδα, γαστερόποδα)
4. Αρθρόποδα (μαλακόστρακα)
5. Εχινόδερμα (αστερίες, αχινοί, ολοθούρια κλπ.)
6. Χορδωτά (ψάρια, αμφίβια, ερπετά, θηλαστικά) [2].

1.2 Οστρακοειδή

Τα οστρακοειδή αποτελούν σημαντική συνιστώσα της παγκόσμιας προμήθειας τροφίμων. Τα οστρακοειδή απαρτίζονται από δύο είδη ζώων, τα καρκινοειδή και τα μαλάκια. Τα καρκινοειδή είναι ασπόνδυλα με διαχωρισμένο το σώμα που προστατεύεται από σκληρό κέλυφος από χιτίνη και περιλαμβάνουν τις γαρίδες, τους αστακούς, τις καραβίδες, τα καβούρια και τα κριλ. Τα μαλάκια είναι ασπόνδυλα με μαλακό σώμα, χωρισμένο στο τμήμα των ποδιών και των σπλάχνων. Υποδιαιρούνται στα δίθυρα, τα κεφαλόποδα και τα γαστερόποδα. Τα σημαντικά από εμπορική άποψη δίθυρα είναι τα μύδια, τα στρείδια και τα χτένια, ενώ τα κεφαλόποδα περιλαμβάνουν τα καλαμάρια, τις σουπιές και τα χταπόδια. Η ομάδα των γαστερόποδων περιλαμβάνει την αλιώτιδα, το θαλάσσιο σαλιγκάρι και το κυδώνι, μεταξύ των άλλων. Εκτιμάται ότι ο ωκεανός κατοικείται από περισσότερα από 1000 είδη καρκινοειδών, 50000 είδη μαλακίων, εκτός από τα 13000 είδη ψαριών. Οι πληροφορίες σχετικά με τη θρεπτική αξία των οστρακοειδών είναι γενικά διάσπαρτες στη βιβλιογραφία και συχνά αφορούν μόνο στη σύνθεση γενικά των θαλάσσιων ειδών, ιδίως των προϊόντων ψαριού [3].

1.2.1 Καρκινοειδή

Τα **καρκινοειδή-Crustacea**, περιλαμβάνουν δύο ομάδες:

a. Εντομόστρακα-Entomostraca

b. Μαλακόστρακα-Malacostraca: Είναι ασπόνδυλα ζώα, που από συστηματική άποψη ανήκουν στη συνομοταξία των αρθρόποδων.

Από εμπορική και τεχνολογική άποψη ενδιαφέρουν παρουσιάζουν τα μαλακόστρακα που ανήκουν στην τάξη των **δεκάποδων (Decapoda)**, στα οποία και περιλαμβάνονται γνωστά βρώσιμα είδη (γαρίδες, караβίδες, αστακοί, καβούρια).

Τα δεκάποδα διακρίνονται σε **μακρόουρα** και **βραχύουρα**.

Χαρακτηρίζονται από 5 ζεύγη βαδιστικών ποδιών, και στο γεγονός αυτό οφείλουν και το όνομά τους. Ορισμένα ζεύγη ποδιών έχουν μεταβληθεί σε συλληπτήριες λαβίδες, που λέγονται ποδολαβίδες.

Έχουν δύο ζεύγη κεραιές, από τις οποίες οι δύο εξωτερικές είναι πολύ μακρές. Στην κοιλιά έχουν αρκετά ζεύγη ψευδοποδιών, που τα θηλυκά τα χρησιμοποιούν για να κρατούν τα αυγά τους μέχρι να εκκολαφθούν.

Το σώμα των δεκάποδων αποτελείται βασικά από τρία τμήματα: τον κεφαλοθώρακα, την κοιλιά και τα δέκα κινητικά όργανα. Ο κεφαλοθώρακας είναι αρκετά ογκώδης και περικλείει τα κυριότερα όργανα του σώματος, Η κοιλιά είναι σημαντικά ανεπτυγμένη σε ορισμένα δεκάποδα (γαρίδες, αστακοί κλπ.), αντιπροσωπεύοντας το κυριότερο βρώσιμο τμήμα του σώματος, ενώ σε άλλα είναι τελείως ατροφική (καβούρια).

Τα δύο ζεύγη των ποδιών που βρίσκονται κοντά στο στόμα είναι συχνά μεγαλύτερα από τα άλλα, και μεταμορφώνονται στην άκρη σε δύο δαγκάνες, που χρησιμοποιούνται τόσο για την άμυνα, όσο και για τη διατροφή του ζώου. Οι μύες της κοιλιάς αποτελούνται από μεγάλα επιμήκη κύτταρα που σχηματίζουν παράλληλες μυϊκές δεσμίδες. Στο κέντρο τους περνά το πεπτικό σύστημα.

Οι μύες περιβάλλονται από μία έγχρωμη επιδερμική μεμβράνη από την οποία και λαμβάνει μέρος στη γένεση το όστρακο ή κέλυφος.

Τα δεκάποδα αναπνέουν με βράγχια, όμοια των ψαριών. Οι αναπνευστικές ανταλλαγές, γίνονται με τη βοήθεια της αιμοκυανίνης, χρωστικής του αίματος, που ασκεί τον ίδιο ρόλο με την αιμοσφαιρίνη του αίματος των σπονδυλωτών.

Το αίμα αντιπροσωπεύει το 10% μέχρι το 50% του βάρους του σώματος του ζώου, ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης του.

Οι γενετικοί πόροι εκβάλλουν, στο αρσενικό στο κοξοκοπίδιο του 5^{ου} ζεύγους ποδιών, ενώ στο θηλυκό στο κοξοκοπίδιο του 3^{ου} ζεύγους ποδιών. Με βάση το χαρακτηριστικό αυτό ξεχωρίζουν τα δύο φύλα [2].

Γαρίδες

Οι γαρίδες αποτελούν τη σημαντικότερη ομάδα των καρκινοειδών (Crustacea) και ανήκουν στη φυλή των αρθρόποδων και στη σειρά των Δεκάποδων. Κατανέμονται σε όλο τον κόσμο και ζουν κυρίως σε υδάτινο περιβάλλον [1]. Από τα σχεδόν 2500 γνωστά είδη γαρίδων, 344 είναι κατάλληλα προς κατανάλωση από τον άνθρωπο. Είναι μικρά μαλακόστρακα, με άσπρο κρέας εκλεκτής γεύσης και ποιότητας. Χαρακτηρίζονται από το μακρουλό σώμα τους, το λεπτό και ελαφρύ εξωτερικό σκελετό, τις νηματοειδείς κεραίες και τα μακριά κοιλιακά πόδια, που έχουν μεταβληθεί σε κολυμβητικά πτερύγια (χρησιμεύοντας για την αργή προώθησή τους). Οι γρήγορες κινήσεις πραγματοποιούνται προς τα πίσω, με χτυπήματα της ουράς. Τρέφονται με φύκη και ζώφια. Γεννούν πολυάριθμα μικρά αυγά, από τα οποία βγαίνουν μικροσκοπικές προνύμφες, με μορφή ναυπλίου [2].

Η παγκόσμια παραγωγή γαρίδων που αλιεύονται και καλλιεργούνται είναι περίπου 6 εκατομμύρια τόνοι, από τα οποία το 60% εισέρχεται στην παγκόσμια αγορά. Σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου το 60% των γαρίδων που παράγονται προέρχεται από την αλιεία, ενώ το 40% προέρχεται από την υδατοκαλλιέργεια. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες τα αλιεύματα γαρίδας ανέρχονται σε 3,4 εκατομμύρια τόνους ετησίως, με την Ασία να είναι η σπουδαιότερη περιοχή για την αλιεία γαρίδας, καθώς αντιπροσωπεύει το 55% των παγκόσμιων αλιευμάτων. Οι κυριότεροι παραγωγοί γαρίδων στον κόσμο είναι η Ινδονησία, η Κίνα, οι ΗΠΑ και η Ταϊλάνδη [4]. Ωστόσο, οι διεθνείς παγκόσμιες αγορές γαρίδων συγκεντρώνονται μόνο στις ΗΠΑ, την Ιαπωνία και την Ευρώπη [5].

Λόγω της υψηλής εμπορικής αξίας των γαρίδων, η επεξεργασία και η εμπορία τους είναι εξαιρετικά εξειδικευμένες. Οι γαρίδες πωλούνται ζωντανές, φρέσκες, κατεψυγμένες, κονσερβοποιημένες, ξηραμένες και σε πληθώρα διαφορετικών μορφών, όπως ολόκληρες, ακέφαλες ή αποφλοιωμένες. Οι γαρίδες θεωρούνται στην παγκόσμια αγορά ως εμπορεύματα υψηλής αξίας και αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα διεθνώς εμπορεύσιμα αλιευτικά προϊόντα αξίας 10 δισεκατομμυρίων δολαρίων, ποσό που αντιπροσωπεύει το 16% των παγκόσμιων εξαγωγών αλιείας. Οι γαρίδες προσφέρουν σημαντικά οικονομικά οφέλη ιδίως σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες [5] [6].

Υπάρχουν πολλά είδη γαρίδων, κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής:

1. Γάμπαρη ή ζαβογαρίδα-*Penaeus carinata*

Έχει σώμα επιμήκες, συμπίεσμένο πλευρικά και ρύγχος μικρό, οδοντωτό. Στη βάση των ποδολαβίδων της έχει μικρές χαρακτηριστικές προσθήκες σαν θηλές. Τα τρία πρώτα ζεύγη έχουν λαβίδες και το τρίτο ζεύγος των ποδοσιαγόνων μοιάζει με τις υπόλοιπες ποδολαβίδες. Το χρώμα τους είναι ασπριδερό, σαρκώδες, αναμιγμένο με ρόδινο απαλό. Το μήκος τους κυμαίνεται μεταξύ 15-20 cm. Είναι η χαρακτηριστική γαρίδα της Μεσογείου. Μερικές φορές απαντάται και στις αγγλικές θάλασσες. Προτιμά βυθούς πέτρινους. Έχει κρέας εξαιρετικής ποιότητας και ψαρεύεται σε βαθιά νερά [2].

Εκτός από το είδος αυτό, σε άλλες θάλασσες του κόσμου απαντούν πολλά είδη του γένους *Penaeus*, με την ονομασία *shrimp* στα αγγλικά.

Στις θάλασσες των ΗΠΑ, του Μεξικού, του Καναδά απαντούν τα είδη *Penaeus setiferus*, *Penaeus duorarum*, *Penaeus aztecus* και *Penaeus brasiliensis*.

Στις θάλασσες τη Αυστραλίας το είδος *Penaeus esculentus* και στις Ιαπωνικές θάλασσες τα είδη *Penaeus japonicas* (στα αγγλικά *kusoma prawn*) και *Penaeus nipponensis* [2].

2. Γαρίδα σταχτιά-*Crangon vulgaris* (γαμπεράκι)

Έχει όστρακο λείο, σώμα συμπίεσμένο πλευρικά και πόδια μικρά, που καταλήγουν σε λαβίδα. Έχει χρώμα σταχτί και το ρύγχος της δεν είναι οδοντωτό. Το μήκος της κυμαίνεται μεταξύ 10-14 cm [2].

3. Μικρή ρόδινη γαρίδα της Μεσογείου-*Nicaeulid*

Διακρίνεται από την ανομοιότητα και των δεξιών και αριστερών λαβίδων. Το χρώμα της είναι κόκκινο και το μήκος της κυμαίνεται μεταξύ 5-7 cm [2].

4. Μικρή ρόδινη γαρίδα του Ατλαντικού-*Palaemon serratus*

Το χρώμα της είναι γκριζο, λαμπερό με κηλίδες και γραμμές κόκκινες-καφετιές. Το μήκος της κυμαίνεται 8-10 cm χαρακτηρίζεται από το ιδιόμορφο ρύγχος της, που είναι πιο μακρό από τις ελασματοειδείς προσθήκες των εξωτερικών κεραιών, υπερυψωμένο στο άκρο της, που σημειωτέον είναι διχαλωτό. Το μισό μήκος της πάνω περιφέρειας του ρύγχους είναι λείο, ενώ το υπόλοιπο είναι οπλισμένο με 7-8 δόντια, και το κάτω μέρος είναι επίσης οδοντωτό και φέρει 5-8 δόντια [2].

Απαντά σε όλες τις Ευρωπαϊκές ακτές του Ατλαντικού. Δεν απαντά στη Μεσόγειο και στις ελληνικές θάλασσες.

Αναφέρεται και ένα άλλο είδος του γένους *Palaemon*, το *Palaemon squilla*, με τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά του προηγούμενου, από το οποίο διακρίνεται από το ότι το ρύγχος του δεν ξεπερνά τις φυλλοειδείς προσθήκες των εξωτερικών κεραιών, είναι σχεδόν ίσο και όχι υπερυψωμένο και οδοντωτό σχεδόν σε όλο το μήκος, με 7-8 δόντια στο πάνω μέρος και 3-4 δόντια στο κάτω μέρος. Απαντά στις Ευρωπαϊκές ακτές του Ατλαντικού καθώς και στα

υπόλοιπα τμήματα του Ατλαντικού, τη Μεσόγειο και τις ελληνικές θάλασσες καθώς και στη Μαύρη θάλασσα. Το μήκος της δεν ξεπερνά τα 5 cm.

Στο γένος *Leander* αναφέρεται μία άλλη μικρή ρόδινη γαρίδα, τη *Leanderad spergus*, συνώνυμο *Palaemon fabricii*, με μήκος 5-6 cm [2].

5. Γαρίδες της τράτας ή των βαθιών νερών

Με το όνομα αυτό χαρακτηρίζονται πολλά είδη γαρίδας των γενών *Palaemon* και *Pandalus*, *Palaemon xiphias*, *Palaemon treilanus*, *Palaemon rectirostris*, *Palaemon elegans*, *Palaemon adpergus*, *Pandalus narval*, *Pandalus kessleri*, *Pandalus hypsinotus* και άλλα είδη, όπως *Pandalus borellis*, *Pandalus montâgui* και άλλα.

Οι γαρίδες του γένους *Pandalus* που αλιεύονται εντατικά στις ιαπωνικές θάλασσες είναι γνωστές με την αγγλική ονομασία *Deerwater prawn*. Το μήκος τους κυμαίνεται μεταξύ 12-15 cm [2].

Καβούρια

Το σώμα τους αποτελείται από το κεφάλι, το θώρακα και την κοιλιά. Το κεφάλι ενώνεται με το θώρακα όπως και στα μακρόουρα μαλακόστρακα και σχηματίζει τον κεφαλοθώρακα, κάνοντας δύσκολη τη διάκριση των τμημάτων. Στο πρόσθιο μέρος του κεφαλοθώρακα και στην άκρη των δύο αρθρωτών μίσχων, έχουν δύο σύνθετα μάτια, που αποτελούνται δηλαδή από πολλά μικρά ματάκια. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα στα καβούρια να βλέπουν προς όλες τις διευθύνσεις [2].

Έχουν δύο ζευγάρια ευκίνητες κεραιές, από τις οποίες το ένα είναι κοντά στο άλλο και χρησιμεύουν ως όργανα αφής. Κοντά στη βάση των κεραιών υπάρχουν δύο μικρές κύστες (ωτοκύστες). Οι κύστες έχουν στην επιφάνεια τους μικρές τρίχες που καταλήγουν σε νευρικά κύτταρα, που όταν ερεθιστούν δίνουν το αίσθημα της ακοής. Το στόμα των καβουριών είναι αρκετά σύνθετο, αποτελείται από 6 ζευγάρια σιαγόνων. Ένα ζευγάρι πάνω σιαγόνων που χρησιμεύουν για το αρχικό κομμάτισμα της τροφής, δύο ζευγάρια κάτω σιαγόνων και τρία κανονικά ζευγάρια πολύ ευκίνητα, που λέγονται ποδοσιαγόνες. Με αυτές παραλαμβάνουν την τροφή που φέρνουν στο στόμα οι δαγκάνες. Κάτω από το θώρακα υπάρχουν 5 είδη αρθρωτών ποδιών, από τα οποία το πρώτο είναι χοντρό, μακρύ και γερό που καταλήγει σε δαγκάνες. Τα βράγχια είναι τοποθετημένα στη βάση των ποδιών τους, ενώ το πεπτικό σύστημα βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη ράγχη [2].

Τα καβούρια ζουν σε ρηχά ή βαθιά νερά κατά μήκος των ακτών της θάλασσας ή σε γλυκά νερά. Ο γαλάζιος κάβουρας (*blue crab*) (*Callinectes sapidus*) είναι ο πιο κοινός κάβουρας της ακτής του Ατλαντικού της Βορείου Αμερικής. Άλλα σημαντικά είδη είναι ο κοινός

παράκτιος κάβουρας (common shore crab) (επίσης ονομάζεται και green shore κάβουρας), ο βρώσιμος κάβουρας της Ευρώπης (*Cancer pagurus*), ο οποίος ζει σε αμμώδη ρηχά νερά, ο βασιλικός κάβουρας (king crab) της Αλάσκας (*Paralithodes camchaticus*) (αλλιώς ονομάζεται και Ιαπωνικός κάβουρας) και ο Dungeness κάβουρας (*Cancer magister*) από τα ρηχά νερά της Καλιφόρνια μέχρι την Αλάσκα. Αυτά τα καβούρια διαφέρουν ως προς το μέγεθος και το σχήμα των μεγάλων δαγκάνων τους, αλλά κανένα από αυτά δεν έχει ουρά. Το χρώμα και το σχήμα του σώματός τους διαφέρει όπως επίσης και η ικανότητα κολύμβησης ή του πλάγιου τρεξίματος [7].

Τα καβούρια είναι πιο νόστιμα, όταν αποβάλλουν το κέλυφός τους και το καινούριο τους κέλυφος δεν έχει ακόμα σκληρύνει. Τότε πωλούνται ως «εξαιρετικής ποιότητας μαλακά» καβούρια. Μπορούν να πωληθούν στις παρακάτω μορφές: ζωντανά, νωπά, κατεψυγμένα και κονσερβοποιημένα. Η πάστα κάβουρα, η κονσερβοποιημένη σούπα και οι κροκέτες από καβούρι, όπως άλλωστε και τηγανητές κροκέτες ψαριών ντελικατέσεν θαλασσινά φαγητά. Στην αγορά ο όρος καβουρόψυχα σημαίνει λευκό κρέας μυός που είναι κόκκινο μόνο στους μυς των ποδιών και στις δαγκάνες. Γίνεται διαχωρισμός μεταξύ αυτού του κρέατος και του καφέ κρέατος κάβουρα που παραλαμβάνεται από το σκώτι του κάβουρα και τους γενετικούς αδένες. Τα τελευταία συνήθως διατίθενται ως πάστα/αλοιφή κάβουρα (crabpaste). Όλα τα προϊόντα από καβούρι έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής [7].

Αστακοί

Ο ευρωπαϊκός αστακός (*Homarus gammarus*) που αλιεύεται στον ατλαντικό είναι ο μεγαλύτερος της Ευρώπης. Φτάνει σε μήκος τα 35-90 cm και το μέγιστο βάρος τα 10 kg. Η κύρια περιοχή αλιείας του είναι στην Ελιγολάνδη, στη βόρεια και δυτική ακτή της Ευρώπης, τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα. Το πιο νόστιμο κρέας του αστακού προέρχεται από το κέλυφος τους στήθους. Ο αμερικανικός ή βόρειος αστακός (*Homarus americanus*) συνδέεται στενά με τον Ευρωπαϊκό αστακό. Οι αστακοί πωλούνται ζωντανοί (παραμένουν ζωντανοί μέχρι και 36 h μετά την αλίευση), βρασμένοι ολόκληροι κονσερβοποιημένοι ως μεγαιρεμένο κρέας στο δικό τους ζωμό ή ως σούπα (κρέμα ατακού, ψαρόσουπα με λαχανικά). Επίσης υπάρχει και πάστα/αλοιφή από αστακό. Το μαγείρεμα του αστακού μετατρέπει το κρέας του σε κόκκινο. Η αλλαγή του χρώματος οφείλεται στην απελευθέρωση της ασταξανθίνης από την οβοβερδίνη, μία κοκκινοπράσινη χρωμοπρωτεΐνη [7].

Ο αστακός Νορβηγίας (*Nerphropsnor vegicus*) ανήκει και αυτός στην οικογένεια των αστακών. Πωλείται νωπός, κατεψυγμένος, ημι-διατηρημένος, όπως σε σαλάτα ή

κονσερβοποιημένος σε σούπα, πάστα αλοιφή ή ως ήπια αλατισμένο κρέας μέσα στον ζωμό του [7].

Καραβίδες

Οι καραβίδες είναι πολύ γνωστά μαλακόστρακα που ανήκουν στην τάξη των Δεκάποδων και στις οικογένειες των Astacidae και Homaridae και θεωρούνται ντελικατέσεν στην Ευρώπη. Το κύριο είδος καραβίδας της Ευρώπης ανήκει στο *Astacus spp.* (*Astacus astacus* ή *fluviatilis*). Το κρέας του είναι πιο νόστιμο τον Μάιο-Αύγουστο, όταν αποβάλλει το κέλυφος του και το καινούργιο του κέλυφος είναι ακόμα μαλακό. Στην ανατολική πλευρά της Βορείου Αμερικής ζει η καραβίδα των γλυκών νερών *Cambarus spp.* Η αυστραλιανή καραβίδα ανήκει στο είδος *Enastacus serratus* [7].

Οι καραβίδες πεθαίνουν, όταν ρίχνονται σε βραστό νερό. Σε τέτοια περίπτωση η ουρά τους στρίβει που είναι και ένδειξη ότι μαγειρεύτηκαν νωπές ή ζωντανές [7].

Στα θαλάσσια είδη καραβίδας, συμπεριλαμβάνονται τα *Palinurus*, *Panulirus* και *Jasus spp.* Τα πιο σημαντικά είδη είναι ο ευρωπαϊκός αγκαθωτός αστακός (*Palinurus vulgaris*), ο αντίστοιχος βορειο-αμερικανικός του Ειρηνικού (*Palinurus interruptus*) και άλλοι από την Αφρική, Αυστραλία, και Ιαπωνία. Ο Ευρωπαϊκός αγκαθωτός αστακός έχει μήκος 30-40cm, φτάνει τα 6 kg βάρος, έχει υποτυπώδη μπροστινά πόδια που έχουν το σχήμα μυτερών δαγκάνων και εξογκωμένο κέλυφος που καλύπτει το σώμα. Αλιεύεται συχνά στη Μεσόγειο θάλασσα, στις δυτικές και νότιες ακτές της Αγγλίας και κατά μήκος της ακτής της Ιρλανδίας. Στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι επίσης διαθέσιμοι ο αστακός των βράχων και η μεσογειακή καραβίδα (*Palinurus elephas*). Το κρέας αυτών των καραβίδων είναι μάλλον τραχύ και ινώδες και έχει χρώμα κίτρινο με κιτρινοκόκκινο [7].

Οι καραβίδες πωλούνται νωπές, ζωντανές, ωμές ή μαγειρεμένες και κονσερβοποιημένες σε διάφορες μορφές: κρέας, προμαγειρεμένο κρέας αναμεμιγμένο με βούτυρο (*crayfish butter*), σούπα και αφυδατωμένη σούπα, εκχυλίσματα σούπας (*crayfish butter* που έχει καρυκευτεί, αλατισθεί και αναμιχθεί με αλεύρι) και *crayfish bisque* (γαλλικός πολτός ή παχύρευστη σούπα από καραβίδα και αστακό) [7].

1.2.2 Μαλάκια

Δίθυρα μαλάκια

Στα δίθυρα μαλάκια συμπεριλαμβάνονται οι αχιβάδες, τα στρείδια, τα μύδια και τα χτένια. Το κοινό στρείδι (επίσης ονομάζεται και επίπεδο γηγενές ή ευρωπαϊκό στρείδι) και το γαλάζιο ή κοινό μύδι είναι τα πιο συνήθη επεξεργασμένα μαλακόστρακα [7].

Τα στρείδια π.χ. το ευρωπαϊκό (*Ostreidae*, π.χ. το ευρωπαϊκό στρείδι, *Ostrea edulis*) ζουν σε αποικίες κατά μήκος της θαλάσσιας ακτής ή στις όχθες ποταμών, ή εκτρέφονται σε λιμνούλες («στρειδοκαλλιέργειες») οι οποίες συχνά επικοινωνούν με τη θάλασσα. Τα στρείδια συχνά πωλούνται χωρίς το κέλυφός τους. Μόνο ο προσαγωγός μύς καταναλώνεται, ενώ τα πτυχωτά βράγχια και το πεπτικό σύστημα αποβάλλονται [7].

Εκτός από το κοινό στρείδι, το πορτογαλικό στρείδι, (*Gryphea angulata*) και το αμερικανικό στρείδι με το γαλάζιο σημάδι (*Crassostrea virginica*) συνήθως χρησιμοποιούνται για κονσερβοποίηση. Το καλύτερο κρέας παραλαμβάνεται από στρείδια που συλλέγονται, όταν είναι 3-5 ετών, με την κορυφαία ποιότητα να λαμβάνεται μεταξύ Σεπτεμβρίου και Απριλίου [7].

Το γαλάζιο ή κοινό μύδι (*Mytilus edulis*) ζει σε ρηχά, αμμώδη γλυκά νερά, ενώ το θαλάσσιο μύδι ζει σε νερά του ωκεανού ή εκτρέφεται σε λιμνούλες ή λίμνες. Το κέλυφος έχει μήκος 7-15 cm, χρώμα γαλαζόμαυρο και το κρέας του σώματος είναι κιτρινωπό. Το κρέας είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες (16,8%) και επίσης σε βιταμίνη Α και σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Το κρέας τρώγεται μαγειρεμένο, τηγανητό ή μαριναρισμένο. Οι κύριες περιοχές ανάπτυξής τους στη Γερμανία είναι ο κόλπος του Κιέλου και τα ανατολικά νησιά Friesian [7].

Πέρα από το κοινό μύδι, καταναλώνεται μεγάλος αριθμός άλλων μυδιών, τα οποία συνήθως κονσερβοποιούνται σε σπορέλαιο όπως π.χ. τα χτένια του Κόλπου του Ειρηνικού ή του Ακρωτηρίου Cod (*Pectinidae*) και τα κυδώνια (*Cardidae*) [7].

Εξαιτίας της γρήγορης αλλοίωσής τους, πωλούνται ζωντανά ή κονσερβοποιημένα. Καταναλώνονται λίγο μετά τη συλλογή τους ή το άνοιγμα της κονσέρβας, ενώ πρέπει να αποφεύγονται τις θερμές περιόδους. Γενικά, πρέπει να προέρχονται από μη μολυσμένα καθαρά νερά [7].

Κεφαλόποδα

Το χταπόδι, η σουπιά και το καλαμάρι (*Cephalopoda*) είναι μαλάκια με μαλακό κορμί με οχτώ ή δέκα πόδια και χωρίς εξωτερικό κέλυφος.

Η σουπιά (*Sepia officinalis*), το καλαμάρι (*Loligo loligo*) και το χταπόδι ή αλλιώς διαβολόψαρο (*Octopus vulgaris*) αλιεύονται στην περιοχή της Μεσογείου κυρίως στην Ιταλία και σε άλλα μέρη του κόσμου (Ατλαντικό και Ειρηνικό Ωκεανό, π.χ. το Βορειοαμερικανικό ρούφρ, το Ιαπωνικό *Polyurus* spp. κλπ.). Καταναλώνονται τηγανισμένα, ψημένα, μαγειρεμένα με κρασί, μαριναρισμένα με ξύδι, μετά όμως από βράσιμο, μαγειρεμένα σε σούπες, σε σαλάτες, βραστά ή κονσερβοποιημένα [7]

1.3 Διαθεσιμότητα, Χειρισμός και Κατανάλωση Οστρακοειδών

1.3.1 Παγκόσμια Παραγωγή

Σύμφωνα με την κατάσταση της παγκόσμιας αλιείας και υδατοκαλλιέργειας που δημοσιεύτηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών το 2014, σε παγκόσμια κλίμακα διατέθηκαν 167,2 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι οστρακοειδών, με τις ποσότητες της γαρίδας, των αστακών και των κεφαλόποδων να ανέρχονται στους 3,5, 0,16 και 4,3 εκατομμύρια μετρικούς τόνους αντίστοιχα. Τον τελευταίο καιρό, η βιομηχανία των θαλασσινών αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως είναι οι ανησυχίες για την αειφορία, η αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών και η συνολική ασφάλεια των καταναλωτών. Η αλίευση της γαρίδας ενός από τα βασικά προϊόντα οστρακοειδών παρέμεινε σταθερή από το 2012. Ο αμερικάνικος αστακός (*Homarus americanus*) και η караβίδα (*Nerphopsis vegicus*) αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 60% της παγκόσμιας διαθεσιμότητας αστακών, με το πρώτο να φτάνει την ποσότητα των 160000 τόνων το 2014. Τα κεφαλόποδα είναι ταχέως αναπτυσσόμενα βραχύβια οστρακοειδή. Το καλαμάρι αποτελεί το κυριότερο είδος των κεφαλόποδων, ακολουθούμενο από τις σουπιές και το χταπόδι [8].

Η ζήτηση καταναλωτών για οστρακοειδή και άλλα θαλασσινά έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της υδατοκαλλιέργειάς τους στα γλυκά, υφάλμυρα και θαλάσσια ύδατα, με συνολική παραγωγή 73,8 εκατομμυρίων μετρικών τόνων το 2014, εκτιμώμενης αξίας 160 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ. Αυτό περιελάμβανε 16,1 εκατομμύρια μετρικούς τόνους μαλακίων αποτελούμενων από 104 είδη αξίας 19 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ και 6,9 εκατομμύρια μετρικούς τόνους καρκινοειδών αξίας 36,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ. Η γαρίδα των λευκών ποδιών ή η λευκή γαρίδα του Ειρηνικού (*Litopenaeus vannamei*) και η γαρίδα του γλυκού νερού *Macrobrachium rosenbergii* που καλλιεργούνται τόσο σε γλυκό όσο και σε υφάλμυρο νερό είναι τα πιο συχνά εκτρεφόμενα καρκινοειδή. Επιπλέον, άλλα δημοφιλή οστρακοειδή όπως η blacktiger γαρίδα (*Penaeus monodon*), το χτένι τα καλαμάρια (*Loligo duvauceli*, *Doryteuthis sibogae* και *Sepioteuthis* spp.) και οι σουπιές (*Sepia pharaonis*, *Sepia aculeate*, *Sepia officinalis*, *Sepia elliptica*) εκτρέφονται κυρίως σε ασιατικές χώρες. Οι αλιωτίδες (*Haliotis* spp.) καλλιεργούνται εμπορικά στην Κίνα. Κατά τα τελευταία 40 χρόνια, ο παγκόσμιος εφοδιασμός αυξήθηκε κατά 5 φορές, λόγω κυρίως της αύξησης των τεχνικών καλλιέργειας. Το κέλυφος της Ιαπωνικής μαρμαροαχιβάδας, η κτενίδα, το μπλε μύδι (*Mytilus edulis*), το ασιατικό πράσινο χειλικό μύδι (*Perna viridis*), το χτένι (*P. yessoensis*), τα καβούρια και η αχιβάδα είναι άλλα είδη οστρακοειδών που καλλιεργούνται. Η υδατοκαλλιέργεια προβλέπεται να αναπτυχθεί σχεδόν στο 39% ετησίως,

με ετήσια εκτιμώμενη παραγωγή περίπου 102 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2025 [8, 9] [10] [11].

1.3.2 Γενικός χειρισμός και επεξεργασία των οστρακοειδών

Τα πρόσφατα αλιευόμενα οστρακοειδή είναι εξαιρετικά ευαίσθητα και απαιτούν προσοχή κατά τη διάρκεια του χειρισμού, της επεξεργασίας και της αποθήκευσης. Τα στάδια χειρισμού και προεπεξεργασίας ποικίλλουν ανάλογα με το είδος. Τα οστρακοειδή, κατά την παραλαβή, πρέπει να καθαρίζονται αμέσως, να πλένονται και να υποβάλλονται σε απολέπιση, αποκεφαλισμό, αποφλοίωση και άλλες επεξεργασίες, ανάλογα με το είδος [12].

1.3.3 Κατανάλωση οστρακοειδών

Η ζήτηση για θαλασσινά αυξάνεται ραγδαία σε όλο τον κόσμο, λόγω της αύξησης των πληθυσμών και της αυξανόμενης αγοραστικής τους δύναμης. Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα, οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν στην κατανάλωση των θαλασσινών είναι η διατροφική αξία, η γεύση και η ευκολία, ενώ τα κύρια εμπόδια είναι η τιμή, η διαθεσιμότητα και η ανησυχία για την ποιότητα. Το 2014, ένα ποσό 146,3 εκατομμυρίων μετρικών τόνων θαλασσινών χρησιμοποιήθηκε ως ανθρώπινη τροφή, δίνοντας συνολική κατανάλωση θαλασσινών κατά άτομο 20,1 kg, συμβάλλοντας στο 20% περίπου της συνολικής μέσης κατά κεφαλήν πρόσληψης ζωικών πρωτεϊνών. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση οστρακοειδών το 2013 ήταν 4,9 kg, υποδιαιρούμενη σε 1,8 kg καρκινοειδών, 0,5 kg κεφαλόποδων και 2,6 kg άλλων μαλακίων. Μία πρόσφατη έρευνα ανέφερε ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση θαλασσινών ήταν 25,8 και 35 kg στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και στη νότια Ευρώπη, αντίστοιχα. Το ενδιαφέρον των καταναλωτών για διάφορα οστρακοειδή συμβάλλει σημαντικά στην επισιτιστική ασφάλεια. Έχει αναγνωριστεί ότι η επισιτιστική ασφάλεια, η διατροφή και η ασφάλεια των τροφίμων είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Όπως επεσήμαναν ο Jennings και οι συνεργάτες του (2016), η υδρόβια επισιτιστική ασφάλεια απαιτεί η προσφορά θαλασσινών όχι μόνο να είναι βιώσιμη για να ικανοποιεί τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των ανθρώπων, αλλά και τα προσφερόμενα προϊόντα να παρέχουν θρεπτικά οφέλη, παράλληλα θέτοντας ελάχιστους κινδύνους για την υγεία [12].

1.4 Σύσταση των οστρακοειδών

Οι συστάσεις των οστρακοειδών καθώς επίσης και εκείνες των ψαριών, παρέχονται σε βάσεις δεδομένων. Η παγκόσμια βάση δεδομένων FAO/INFOODS περιέχει μέσες συστάσεις ακατέργαστων ή μαγειρεμένων μερίδων 152 καρκινοειδών και 114 μαλακίων. Η βάση

δεδομένων του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ περιέχει 3000 ακατέργαστα και επεξεργασμένα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των οστρακοειδών [8] [13].

1.4.1 Πρωτεΐνες

Γενικά, τα οστρακοειδή έχουν υψηλότερες περιεκτικότητες σε πρωτεΐνες από τα ψάρια. Σε αντίθεση με τα σπονδυλωτά, ο μύς των ωμών οστρακοειδών, εκτός από τη μυοσίνη και άλλες πρωτεΐνες, περιέχει επίσης την παραμυοσίνη σε ποσοστό έως και 19% w/w, η οποία είναι πλούσια σε γλουταμινικό οξύ [14].

Η περιεκτικότητα σε ακατέργαστες πρωτεΐνες του κρέατος των δαγκάνων και του ηπατοπαγκρέατος του πράσινου καβουριού (*C. mediterraneus*) ήταν 17,8% έως 18,2% και 13% έως 14% αντίστοιχα [15]. Το κρέας των λευκών γαρίδων είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από εκείνη των μαύρων γαρίδων γαύρου, με το πρώτο να έχει υψηλότερες ποσότητες στρωματικών πρωτεϊνών με μεγαλύτερο κολλαγόνο διαλυτό στην πεψίνη [16]. Το ωμό κρέας της γαρίδας (*Crangon crangon*) από τη Μαύρη Θάλασσα έχει περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες περίπου 18,5% [17]. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η μέση σύσταση για ορισμένα είδη οστρακοειδών.

Πίνακας 1 Μέση σύσταση οστρακοειδών [12]

Οστρακοειδή	Επιστημονική Ονομασία	Υγρασία %	Πρωτεΐνες %	Λίπη %	Τέφρα %
Γαρίδα	<i>Metapenaeus monoceros</i>	77,4	20	0,7	2,1
Καβούρι	<i>Scyllaserata</i>	79,2	17,5	0,2	1,6
Μεγάλη γαρίδα Θαλασσινού νερού	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	78,3	21,2	0,3	0,4
Γαρίδες των ψυχρών υδάτων	<i>Pandalus borealis</i>	82,4	16	0,4	1,9
Ινδική λευκή γαρίδα	<i>Penaeus indicus</i>	77,4	20,9	0,6	1,4
Μύδι	<i>Perna viridis</i>	76,7	12,6	2,6	2,1

Αστακός	Thenusorentalis	75,6	21,6	0,6	2,3
---------	-----------------	------	------	-----	-----

1.4.2 Ελεύθερα αμινοξέα

Τα ελεύθερα αμινοξέα αποτελούν ένα σημαντικό κλάσμα μη πρωτεϊνικών αζωτούχων ενώσεων στο μυ του κελύφους. Τα καρκινοειδή έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αμινοξέα σε σύγκριση με τα ψάρια. Τα αμινοξέα αλανίνη, γλουταμινικό οξύ και η γλυκίνη είναι υπεύθυνα για τη γεύση των μαγειρεμένων οστρακοειδών. Η αλανίνη και η γλυκίνη συμβάλλουν στις γλυκές γεύσεις και το γλουταμινικό οξύ στη γεύση «ουμάμι», χαρακτηριστική των καρκινοειδών. Η γαρίδα έχει καλή περιεκτικότητα σε γλυκίνη (έως 1% του νωπού μύος), αλανίνη και προλίνη. Ο μυϊκός ιστός των λευκών και μαύρων γαρίδων περιέχει αργινίνη, λευκίνη, ισολευκίνη και προλίνη. Τα κύρια βασικά αμινοξέα των ερυθρών και ροζ γαρίδων είναι η αργινίνη, η λυσίνη, η λευκίνη και η μεθειονίνη, ενώ τα μη βασικά αμινοξέα είναι το γλουταμινικό οξύ, το ασπαρτικό οξύ, η προλίνη και η γλυκίνη. Η περιεκτικότητα σε γλουταμινικό οξύ και γλυκίνη είναι μεγαλύτερη στο κρέας της γαρίδας blacktiger, ενώ η λευκή γαρίδα εμφανίζει καλά επίπεδα υδροξυπρολίνης. Η αργινίνη, η λευκίνη, η ισολευκίνη και η προλίνη κυριαρχούν και στα δύο είδη γαρίδας [18] [19].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε αμινοξέα ορισμένων οστρακοειδών.

Πίνακας 2 Περιεκτικότητα σε αμινοξέα των πρωτεϊνών των οστρακοειδών [2]

Αμινοξύ	Γαρίδα	Αστακός	Μπλε Κάβουρας	Χταπόδι
Γλυκίνη	4,7	4,6	4,7	
Αλανίνη	6	5,9	5,7	
Βαλίνη	4,4	4,5	5	
Λευκίνη	8,6	8,6	9	
Ισολευκίνη	3,8	4,1	4,7	
Σερίνη	4,2	4,9	4,9	
Θρεονίνη	4,1	4,4	5,2	

Μεθειονίνη	2,8	3,2	3	
Κυστίνη	1,1	1,3	1,7	
Γλουταμινικό οξύ	17,5	16,9	16,2	
Τυροσίνη	4,1	4,1	4,7	
Φαινυλαλανίνη	4,4	4,7	4,8	
Προλίνη	3,7	3,4	4,5	
Τρυπτοφάνη	1	0,9	1,6	
Αργινίνη	9	7,4	6,3	15,99
Λυσίνη	9,4	9,5	8,9	14,24
Ιστιδίνη	1,9	2,1	2,4	1,62

1.4.3 Λιπίδια

Τα οστρακοειδή έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια γενικά μέχρι 2% (w/w). Τα λιπίδια των οστρακοειδών έχουν σημαντικές αναλογίες ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας (PUFA). Γενικά, το περιεχόμενο σε PUFA είναι υψηλότερο από αυτό των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFAs) και των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFAs). Τα περιεχόμενα του εικοσιπενταενοϊκού οξέος (EPA) και του εικοσιδυοεξαενοϊκού οξέος (DHA) στα οστρακοειδή κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 300 και 500 mg%, ακατέργαστου μύος. Το περιεχόμενό τους είναι γενικά χαμηλότερο από εκείνο των λιπαρών ψαριών, όπως είναι το σκουμπρί του Ατλαντικού, ο σολομός και η σαρδέλα. Ο Passi και οι συνεργάτες του (2002) ανέφεραν ότι 3 είδη κεφαλόποδων και 6 είδη καρκινοειδών από τη Μεσόγειο Θάλασσα έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε ω-3 PUFA (16,6% έως 57,1%) από ότι σε ω-6 PUFA (4,1% έως 10,6%). Σε όλα τα είδη ο λόγος ω-3/ω-6 λιπαρά είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Επιπλέον, τα συνολικά πολυακόρεστα λιπαρά βρίσκονται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα ακολουθούμενα από SFA (16,9% έως 41,3%) και MUFA (9,1% έως 42,8%). Η μεσογειακή γίγαντια κόκκινη γαρίδα έχει καλά επίπεδα ω-3 PUFA, ιδιαίτερα EPA και τα κορεστικά είδη οστρακοειδών είναι πλούσια σε EPA και DHA και είναι χαμηλά σε MUFA [12].

Τα λιπίδια των γαρίδων και του αστακού (*N. Norvegicus*) περιέχουν 42% έως 48% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, 26 έως 35% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και 23% έως 27%

κορεσμένα λιπαρά οξέα. Το ακατέργαστο λίπος (1% w/w) της καφέ γαρίδας (*C. Cragon*) αποτελείται από 33% κορεσμένα λιπαρά οξέα, 22% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και 29% ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα κλάσματα των κορεσμένων και μονοακόρεστων λιπαρών οξέων έχουν 21% παλμιτικό οξύ και 14% ελαϊκό οξύ αντίστοιχα. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούνται από εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA) και εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ (DHA) σε ποσοστά 41% και 32% αντίστοιχα. Τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα στη λευκή γαρίδα (*Peneaus vannamei*) και στη black tiger γαρίδα (*P. monodon*) αποτελούν το 42% έως 44% των ακατέργαστων λιπιδίων. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα των λευκών και των μαύρων γαρίδων έχουν αναλογίες DHA-EPA 1,05 και 2,15 αντίστοιχα. Η γαρίδα (*M. rosenbergii*) και τα άγρια είδη θαλάσσιων γαρίδων (*Paracoccidioides brasiliensis*, *Penaeus schimitti*) περιέχουν περίπου 1% λιπίδια. Τα κύρια λιπαρά οξέα στις θαλάσσιες γαρίδες είναι: C16: 0, C16: 1ω-7, C18: 0, C18: 1ω-7, C18: 1ω-9, C20: 4ω-6, C20: 5 ω-3 και C22: 6 ω-3. Τα κύρια λιπαρά οξέα στη γαρίδα γλυκού νερού είναι: C16: 0, C17: 0, C18: 0, C18: 1 ω-7, C18: 1 ω-9, C18: 2 ω-6, C20: 5 ω n-3 και C22: 6 ω-3 [12].

1.4.4 Χοληστερόλη και άλλες στερόλες

Η χοληστερόλη είναι η κύρια στερόλη που υπάρχει στα οστρακόδερμα, ενώ σε άλλες μικρές ποσότητες μπορεί να υπάρχουν και άλλες στερόλες όπως η στιγμαστερόλη, η δεσμοστερόλη, η στερόλη C-26 και η σιτοστερόλη. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη είναι ανεξάρτητη από την περιεκτικότητα σε λιπαρά και είναι συγκρίσιμη μεταξύ άγριων και καλλιεργημένων δειγμάτων. Τα ακατέργαστα οστρακοειδή, συμπεριλαμβανομένων των μαλακίων, περιείχαν χοληστερόλη έως 19 mg% στο μυϊκό ιστό. Τα καρκινοειδή, τα δίθυρα και τα κεφαλόποδα μπορεί να περιέχουν ολικές στερόλες σε περιεκτικότητα 150 έως 250 mg% w/w. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η κόκκινη γαρίδα και η ροζ γαρίδα περιέχουν χοληστερόλη στα 60,8 και 57,8 mg%, w/w. Η στερόλη κομαίνεται από 114 mg% στην άγρια γαρίδα *P. Brasiliensis* έως 139 mg% στην εκτρεφόμενη γαρίδα του γλυκού νερού *M. Rosenbergii* [12].

1.4.5 Υδατάνθρακες

Το περιεχόμενο σε υδατάνθρακες συμπεριλαμβανομένων των φυτικών ινών, στον ιστό των οστρακοειδών είναι χαμηλό. Οι περιεκτικότητες σε γλυκογόνο καταγράφηκαν από 1,0% έως 1,2% κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε κόκκινες γαρίδες, ροζ γαρίδες και караβίδες [8] [19].

1.4.6 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή επηρεάζουν το χρώμα των οστρακόδερμων, συμπεριλαμβανομένων επεξεργασμένων ειδών και συνεπώς επηρεάζουν την αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Τα ζώα συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων δεν συνθέτουν καροτενοειδή *de novo* και η διατροφή θεωρείται ως πηγή αυτών των ουσιών. Τα οστρακοειδή συσσωρεύουν καροτενοειδή στους ιστούς τους από τα θαλάσσια φυτά, τα οποία αποτελούν την τροφή τους. Τα καροτενοειδή μπορεί να είναι υδρογονάνθρακες είτε ξανθοφύλλες (τα οξυγονούχα παράγωγα) και συμπεριλαμβάνουν την ασταξανθίνη, την κανθαξανθίνη, την κρυπτοξανθίνη, τη φουκοξανθίνη, τη λουτεΐνη, τη νεοξανθίνη, τη βιλαξανθίνη, την ζεαξανθίνη, την αλλοξανθίνη και το β-καροτένιο. Τα καροτενοειδή, το β-καροτένιο και η β-κρυπτοξανθίνη, που λαμβάνονται από τα ζώα μπορούν να μετατραπούν σε διαφορετικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένης της βιταμίνης Α. Το περιεχόμενο σε καροτενοειδή ποικίλλει ανάλογα με το μέρος του σώματος των οστρακοειδών, είναι υψηλό στον κορμό τους, ακολουθεί το κεφάλι, ενώ στο κρέας είναι πολύ μικρό. Για παράδειγμα η συνολική περιεκτικότητα σε καροτενοειδή (mg/g) του ακατέργαστου κρέατος, του κεφαλιού και του κελύφους των γαρίδων του ρηχού νερού (*P. onodori*) είναι 17,4, 58,4 και 86,6 αντίστοιχα. Οι περιεκτικότητες σε καροτενοειδή (mg/g) του ακατέργαστου κρέατος, του κεφαλιού και του κελύφους ορισμένων άλλων οστρακοειδών είναι για τις γαρίδες της ανοιχτής θαλάσσης (*Metapenaeus doobsoni*) 11, 51 και 83 αντίστοιχα, για τις *Parapaneopsis stylifera*, 16, 153 και 104 και για τις *P. indicus*, 10, 36 και 60. Οι γαρίδες των βαθέων υδάτων *Solenocera indica* έχουν περιεκτικότητες σε καροτενοειδή 15, 68 και 116 στο κρέας, το κεφάλι και το κέλυφος, ενώ για τις γαρίδες *Arcotheres alcocki*, είναι 21, 185 και 117, αντίστοιχα [12].

Η ασταξανθίνη είναι το καροτενοειδές κόκκινου-πορτοκαλί χρώματος, το οποίο παραμένει είτε ελεύθερο είτε δεσμευμένο σε μακρομόρια όπως οι πρωτεΐνες και/ή η χιτίνη σε γαρίδες του γλυκού νερού, σε κριλ, καβούρια και αστακούς. Η χρωστική ουσία σχηματίζεται από β-καροτένιο, ή ζεαξανθίνη μέσω του οξειδωτικού μετασχηματισμού. Η ασταξανθίνη είναι το κύριο καροτενοειδές που υπάρχει στο κρέας και το κέλυφος των ινδικών γαρίδων και των καβουριών του γλυκού νερού [12].

1.4.7 Βιταμίνες

Τα οστρακοειδή περιέχουν τις περισσότερες από τις βιταμίνες, ιδιαίτερα τη βιταμίνη B₁₂. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνες μπορεί να ποικίλλει σημαντικά στα καρκινοειδή. Το στρείδι, το μπλε μύδι και η γυαλιστερή είναι καλές πηγές νιασίνης και βιταμίνης B₁₂. Το

περιεχόμενο της βιταμίνης B₁₂ είναι γενικά υψηλότερο στους μυϊκούς ιστούς των καβουριών και των αστακών [8].

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η περιεκτικότητα σε βιταμίνες ορισμένων μαλακόστρακων εκφρασμένα σε mg/100g κρέατος.

Πίνακας 1 Περιεκτικότητα σε βιταμίνες ορισμένων μαλακόστρακων σε mg/100γκρέατος [2]

Ελληνική ονομασία	Επιστημονική ονομασία	Βιταμίνη A(U.I/g)	Βιταμίνη B1 (mg/100g)	Βιταμίνη B2(mg/100g)	Παντοθενικό οξύ (mg/100g)	Νιασίνη(mg/100g)	Βιταμίνη B12 (μg/100g)	Βιταμίνη C (mg/100g)
		0,1-0,3						
Καβούρια	Pagurushirsutiussculus						9,6	
	Hmigrapsusoregonensis						4,9	
Γαρίδες	Crangonalimani	0-1,1						
	Hippolysmetaensirostris		0,0017	0,31		0,465		2,06
	Leandertenuipes		0,0014	0,33		0,41		2,06
	Metapenausaffinis		0,0034	0,46		1,11		0,75
	Parapeneopsisstylifera		0,0027	0,36		0,97		0,56
	Peneuspenicillatus		0,0035	0,65		1,56		1,36
	Pandalopsisdispar			0,133				
	PendalUSDorealis			0,142				
	Είδη			0,027		3,12	0,91	
	Είδη		0,026-0,051	0,035-0,048	0,27-0,37	4,45-5,3		
	Είδη			0,07	0,23	2,3	4,6	
	Είδη							
Καραβίδες ποταμίσιες	Είδη							4,0-5,0
Αστακοί ποταμίσιοι	Homarusgammarus							

	Είδη			0,46-0,50		1,2-1,7	0,46-0,49	8
	Είδη			0,06	0,41	2,4	2,7	
Καραβίδα θαλασσινή	Nephorpsnorvegicus	0,01						

1.4.8 Ανόργανα άλατα

Τα πρωτογενή οστρακοειδή έχουν περιεκτικότητα σε τέφρα μέχρι 2%. Τα ανόργανα στοιχεία των οστρακοειδών περιέχουν τόσο μακροστοιχεία (νάτριο [Na], κάλιο [K], ασβέστιο [Ca], φωσφόρο [P] και μαγνήσιο [Mg]) και μικροστοιχεία (χρώμιο [Cr], κοβάλτιο [Co], χαλκό [Cu], φθόριο [F], βρώμιο [Br] ιώδιο [I], σίδηρο [Fe], σελήνιο [Se] και μαγγάνιο [Mn]). Τα περισσότερα οστρακοειδή είναι καλές πηγές Na, K, P, Fe, Zn, Se και Cu. Οι ινδικές γαρίδες έχουν περιεκτικότητα σε Na, K, Ca, Mg και P 107, 58, 303, 250 και 176 mg/100 g ακατέργαστου βρώσιμου κρέατος αντίστοιχα. Τα μαλάκια και τα οστρακόδερμα περιέχουν ικανοποιητικά επίπεδα Cu και Zn. Τα στρείδια είναι πλούσια σε ψευδάργυρο, σίδηρο και χαλκό. Πρόσφατες μελέτες έχουν εξετάσει το περιεχόμενο σε μέταλλα των οστρακοειδών. Το Mg είναι το κυρίαρχο μέταλλο στις λευκές και τις μαύρες γαρίδες, ακολουθούμενο από το Ca και τον Fe. Το γαλάζιο καβούρι έχει σημαντική περιεκτικότητα σε Ca, Mg, P και Na, και το περιεχόμενό τους ποικίλλει στα πόδια, το κρέας το στήθος και το ηπατοπάνγκρεας του καβουριού. Τα εδώδιμα τμήματα της αχιβάδας είναι πλούσια σε Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn και Cu. Το κρέας και το ηπατοπρένιο του σαλιγκαριού είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και σε βασικά αμινοξέα. Η περιεκτικότητα σε mg/100 g του σιδήρου, του ψευδάργυρου και του ασβεστίου σε 55 δείγματα νωπών αλιευτικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των γαρίδων από το Μπαγκλαντές, κυμαίνεται από 0,34 έως 19, από 0,6 έως 4,7 και από 8,6 έως 1000, αντίστοιχα. Οι γαρίδες έχουν μέγιστη περιεκτικότητα σε χαλκό και ιώδιο 1200 και 120 μg/100 g, αντίστοιχα. Τα νωπά οστρακοειδή περιέχουν ιώδιο σε τιμές που κυμαίνονται από 308 έως 1300 μg/kg. Το κέλυφος της γαρίδας έχει περισσότερο ιώδιο και βρώμιο από τους ωμούς ή μαγειρεμένους ιστούς [11].

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι περιεκτικότητες στα βασικά ανόργανα συστατικά ορισμένων οστρακοειδών.

Πίνακας 4 Περιεκτικότητα σε μέταλλα των οστρακοειδών [2]

Είδος	Na	K	Mg	Ca	P	Fe	Zn	Se	Cu
Γαρίδα	146	230	67	92	224	6,1	2,2	0,1	0,9
Γαρίδα Tiger	176	260	58,5	107	303	2,1	1,4	0,04	-

Μαγειρεμέν ες Γαρίδες	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,02
Αστακός	270	220	24	61	234	1	1,6	0,1	-
Μύδι	296	-	30	24	200	4,2	1,8	0,1	-
Σουπιά	744	637	60	180	580	11	3,5	-	-
Στρείδι	160	184	32	82	157	3,3	22	0,03	-
Κτενίδα ωμή	155	203	39	29	250	1,2	4	0,02	0,04
Αχιβάδα mixed	82	6628	18	92	338	28	2,7	0,06	0,07
Καλαμάρι ωμό	12	70	9	9	62	0,2	0,4	0,01	0,01
Γαλάζιο καβούρι	-	-	-	-	-	0,7	3,5	-	0,1
Βασιλικό καβούρι Αλάσκας	1072	262	63	59	280	0,8	5,9	-	7,6

1.4.9 Απόδοση σε κρέας

Η απόδοση των γνωστότερων μαλακόστρακων σε κρέας (βρώσιμο τμήμα) είναι κατά μέσο όρο όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5 Μέση απόδοση σε κρέας των μαλακόστρακων [2]

Ελληνικός αστακός	30-32%
Ευρωπαϊκός αστακός	44%
Καραβίδα θαλασσινή	20-27%
Γαρίδες	30-43%
Καβούρια	27-36%

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση

Οι οικότοποι, η εποχή, η τροφή, τα είδη καθώς και η γαμετογένεση και ο κύκλος της φωτοκίας μπορεί να επηρεάσουν τη σύνθεση των οστρακοειδών. Οι γαρίδες της θάλασσας έχουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ω -3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα από ότι σε ω -6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, ενώ η πλειοψηφία των γαρίδων του γλυκού νερού έδειξαν πολύ χαμηλότερα επίπεδα ω -3 πολυακόρεστων λιπαρών από ότι σε ω -6 λιπαρά οξέα. Οι Bragagnolo και Rodriguez-Amaya (2001) διαπίστωσαν ότι η σύνθεση των λιπαρών οξέων των θαλάσσιων γαρίδων (*P. brasiliensis*) και η δημοφιλής γαλακτοπαραγωγική γαρίδα (*M. rosenbergii*) ήταν διαφορετικές, αν και τα δύο είδη περιέχουν ολικά λιπίδια περίπου 1,0%. Οι περιοχές συγκομιδής μπορεί να επηρεάσουν το χρώμα της μεσογειακής γιγάντιας κόκκινης γαρίδας. Τα καρτενοειδή στο καρκινοειδή ποικίλλουν ανάλογα με τους οικότοπους. Η μέση σύνθεση 55 αλιευτικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των γαρίδων εξαρτάται από τον τόπο της αλίευσης και υδατοκαλλιέργειας και ποικίλλει ανάλογα με τους οικότοπους και τα είδη τους. Έχουν αναφερθεί εποχιακές αλλαγές στη σύνθεση των οστρακοειδών. Ο Su και οι συνεργάτες του (2006) ανέφεραν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα ολικών λιπιδίων, συμπεριλαμβανομένων των κορεσμένων λιπαρών οξέων σε 2 είδη αλιωτίδων το καλοκαίρι, ενώ τα συνολικά ω -3 και ω -6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και τα συνολικά μονοακόρεστα λιπαρά οξέα είναι σε υψηλότερο επίπεδο το χειμώνα και την άνοιξη. Τα κύρια πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούνται από εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA) (34% έως 43%) και από το εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ (DPA) (40% έως 53%). Η περιεκτικότητα σε DPA είναι σημαντικά υψηλότερη το χειμώνα, την άνοιξη και το καλοκαίρι από ότι το φθινόπωρο. Υψηλότερη αναλογία ω -3/ ω -6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων βρέθηκε το χειμώνα και το φθινόπωρο στην πράσινη αλλιωτίδα. Οι ροζ και κόκκινες γαρίδες εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές χοληστερόλης το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα. Η ποσότητα του περιεχόμενου γλυκογόνου στη γαρίδα και τον αστακό ποικίλλει κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού. Η μέγιστη περιεκτικότητα σε γλυκογόνο εμφανίζεται στο στρείδι μεταξύ Δεκεμβρίου και Φεβρουαρίου. Η σύνθεση και η περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία του μυδιού (*M. coruscus*) ποικίλλουν ανάλογα με την εποχή. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα εντοπίζονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από κορεσμένα λιπαρά οξέα και τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Το DHA (12,4% έως 18,3%) και το EPA (10,8% έως 14,6%) είναι τα κύρια πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα υψηλότερα επίπεδα λιπιδίων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων εντοπίζονται στα δίθυρα

οστρακοειδή στις αρχές του καλοκαιριού, με ελάχιστες τιμές στα τέλη του καλοκαιριού. Η μέση σύνθεση του καβουριού (*C. pagurus*) επηρεάζεται από το φύλο και την εποχή. Το φθινόπωρο καταγράφεται η μέγιστη απόδοση κρέατος. Το βασικό αμινοξύ που εμφανίζεται σε μεγαλύτερες ποσότητες στους ιστούς είναι η ταυρίνη [12].

Η σύνθεση των ζωοτροφών έχει αναγνωρισθεί ότι επηρεάζει την κατανάλωση της τροφής, καθορίζοντας τη βιωσιμότητα της υδατοκαλλιέργειας. Οι γαρίδες που τροφοδοτούνται με πλούσιες σε καροτενοειδή ζωοτροφές παρουσιάζουν βελτιωμένο χρώμα και επομένως την καλύτερη αποδοχή από τους καταναλωτές. Γαρίδα (*P. mondon*) που τροφοδοτήθηκε με εμπλουτισμένη με β-καροτένιο τροφή παρουσίασε συσσώρευση της ασταξανθίνης στους μύς της, που σχηματίζεται από τη μεταβολική μετατροπή του β-καροτένιου. Εκτός από τη βελτίωση του χρώματος των οστρακοειδών, τα διατροφικά καροτενοειδή, αυξάνουν την ανάπτυξη και προκαλούν αντοχή σε ασθένειες, ευνοώντας την αύξηση της παραγωγής της γαρίδας. Το επίπεδο των τοκοφερολών σε καλλιεργημένα οστρακοειδή εξαρτάται από την παρουσία τους στη διατροφή. Η άφθονη διαθεσιμότητα του πλούσιου σε πολυακόρεστα λιπαρά φυτοπλαγκτόν μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερα επίπεδα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στα λιπίδια των γαρίδων και των στρειδιών. Η αύξηση των περιεχόμενων ολικών λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια του φθινόπωρου σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα τροφής πλούσιας σε χλωροφύλλη [12].

1.6 Θρεπτική αξία και οφέλη των οστρακοειδών για την υγεία

Είναι γνωστό ότι η επαρκής πρόσληψη θρεπτικών συστατικών είναι απαραίτητη για την καλή υγεία. Αρκετά θαλασσινά προϊόντα έχουν αναγνωρισθεί ότι διαθέτουν ενδιαφέρουσες βιοδραστικές ικανότητες και κατά συνέπεια οφέλη για την υγεία.

Πρωτεΐνες

Η επαρκής πρόσληψη θρεπτικών πρωτεϊνών είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία. Η θρεπτική αξία μίας πρωτεΐνης εξαρτάται από τη δομή, τη σύνθεση των αμινοξέων, την περιεκτικότητα στα απαραίτητα αμινοξέα, την ευαισθησία στην ενζυμική πέψη και την έκταση των χημικών μεταβολών που οφείλονται σε επεξεργασία όπως είναι η θερμική επεξεργασία. Οι πρωτεΐνες των οστρακοειδών παρέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα για τη συντήρηση και την ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος. Τα οστρακοειδή και άλλα θαλασσινά είναι καλές πηγές αμινοξέων διακλαδισμένης αλυσίδας και ταυρίνης, οι οποίες δρουν ευεργετικά στο

μεταβολισμό της γλυκόζης και επίσης στην αρτηριακή πίεση. Οι ζυμωμένες σάλτσες οστρακοειδών είναι διατροφικά καρυκεύματα, τα οποία βρίσκουν χρήσεις στις κουζίνες της Αφρικής και της Νοτιοανατολικής Ασίας. Λόγω της υψηλής θρεπτικής τους αξίας, οι πρωτεΐνες οστρακοειδών είναι σε θέση να ενισχύσουν τη θρεπτική αξία των φυτικών πρωτεϊνών, οι οποίες μπορεί να είναι ανεπαρκείς σε ένα ή περισσότερα από τα απαραίτητα αμινοξέα [13].

Λιπίδια

Τα οστρακοειδή είναι πλούσια σε ω -3 λιπαρά οξέα με λόγο ω -3 προς ω -6 λιπαρά μεγαλύτερο της μονάδας. Η κατανάλωση οστρακοειδών πλούσιων σε ω -3 λιπαρά αυξάνει την αναλογία ω -3 προς ω -6 λιπαρά στο σώμα. Τα ω -3 λιπαρά οξέα είναι πλούσια σε πλούσια σε EPA και DHA. Τόσο η EPA όσο και η DHA είναι γνωστό ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και διατήρηση της υγείας.

Υπάρχουν ισχυρά στοιχεία που υποδηλώνουν την προστατευτική επίδραση των ω -3 λιπαρών οξέων συμπεριλαμβανομένων του EPA και του DHA στον κίνδυνο της καρδιαγγειακής νόσου και του εγκεφαλικού επεισοδίου. Η πρόσληψη ω -3 λιπαρών οξέων έχει επίσης αποδειχτεί ότι μειώνει τη χοληστερόλη στον ορό, γεγονός που την καθιστά επωφέλη για την καρδιακή υγεία. Μία μελέτη που περιλαμβάνει 16 χώρες, 45637 άτομα, 7973 περιπτώσεις στεφανιαίων καρδιακών παθήσεων (CHD), 2781 θανατηφόρα CHD και 7157 μη θανατηφόρα εμφράγματα του μυοκαρδίου έδειξε ότι οι μακρές αλυσίδες ω -3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σχετίζεται με ελαφρά χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης θανατηφόρων καρδιακών νόσων. Άλλες μελέτες επίσης δείχνουν ότι οι μακρές αλυσίδες ω -3 λιπαρών οξέων μπορεί να εμφανίζουν αντικαρκινικά, αντικαταθλιπτικά, αντιγηραντικά και αντι-αρτηριακά αποτελέσματα. Μπορούν επίσης να αντιμετωπίσουν μία σειρά χρόνιων παθήσεων συμπεριλαμβανομένων κάποιων νεφρικών δυσλειτουργιών. Το DHA είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη του εγκεφάλου και του κεντρικού νευρικού συστήματος στα βρέφη και για την καταστολή της νευροφλεγμονής και του οξειδωτικού στρες. Λόγω των αναγνωρισμένων ωφελειών τους για την υγεία μεταξύ άλλων, επαγγελματικοί φορείς όπως η American Heart Assn., Dept. Health, U.K. Food Standards Agency (FSA), προτείνουν ημερήσια συνολική πρόσληψη EPA και DHA που κυμαίνεται από 250 έως 1000 mg/d. Το ενδιαφέρον για αυτά τα λιπαρά οξέα ως συμπληρώματα διατροφής έχουν προσελκύσει μία τρέχουσα παγκόσμια αγορά αξίας 3,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ για αυτές τις ενώσεις [13].

Καροτενοειδή

Η ασταξανθίνη, το κύριο καροτενοειδές των οστρακοειδών, έχει την ικανότητα να προστατεύει τους ιστούς του σώματος από την οξειδωτική αλλοίωση από το υπεριώδες φως. Έχει επίσης αντιφλεγμονώδεις και καρδιοπροστατευτικές ιδιότητες. Η αντιοξειδωτική δράση της ασταξανθίνης είναι υψηλότερη από αυτή του β-καροτένιου, της λουτεΐνης, του λυκοπένιου, της α-τοκοφερόλης και της κανθαξανθίνης. Άλλα πιθανά οφέλη της ασταξανθίνης για την υγεία περιλαμβάνουν τις αντικαρκινικές, αντιγηραντικές και ανοσοδιεγερτικές δραστηριότητες. Το καροτενοειδές έχει επίσης αντιδιαβητικές ιδιότητες, ελέγχει τον καταρράκτη και απενεργοποιεί τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια όπως επίσης και το *Helicobacter pylori*, υπεύθυνο για χρόνια για τη γαστρίτιδα. Η κανθαξανθίνη και το β-καροτένιο προστατεύουν τους υποδοχείς των μακροφάγων από ROS, ενώ το β-καροτένιο προστατεύει τα ουδετερόφιλα, μία κύρια κατηγορία λευκών αιμοσφαιρίων, ROS για τη θανάτωση φαγοκυτταροποιημένων βακτηρίων [12].

Βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία

Οι βιταμίνες των οστρακοειδών εξυπηρετούν ενδιαφέροντες φυσιολογικούς ρόλους. Η βιταμίνη Α έχει μία ευρεία ποικιλία λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένων ειδικών ρόλων στην εμβρυογένεση της όρασης, την κυτταρική διαφοροποίηση, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή, την ανοσοποιητική κατάσταση και τις αισθήσεις γεύσης. Η ανεπάρκεια της βιταμίνης D οδηγεί σε οστική ανεπάρκεια, εξαιτίας μίας αναποτελεσματικής απορρόφησης του ασβεστίου και του φωσφόρου. Η ανεπάρκεια της βιταμίνης B₁₂ (κοβαλαμίνη) μπορεί να προκαλέσει διαταραχές υγείας όπως η μεγαλοβλαστική αναιμία και οι νευροψυχιατρικές διαταραχές. Οι τοκοφερόλες είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά. Το ιώδιο που διατίθεται από οστρακοειδή είναι ένα βασικό συστατικό των θυρεοειδικών ορμονών [12].

Έχουν γίνει πολλές αναφορές σχετικά με τις λειτουργίες των μετάλλων στα οστρακοειδή. Ο χαλκός είναι μέρος ορισμένων ενζύμων που απαιτούνται για την πρόληψη της οξειδωτικής βλάβης των κυτταρικών μεμβρανών και για τη ρύθμιση των νευροδιαβιβαστών. Ο σίδηρος είναι μέρος της αιμοσφαιρίνης που υπάρχει στα ερυθρά αιμοσφαίρια και εμπλέκεται στη μεταφορά οξυγόνου. Το ασβέστιο μπορεί να λειτουργήσει ως οξειδωτικό. Ο ψευδάργυρος βοηθά στις ανοσολογικές λειτουργίες, την επούλωση τραυμάτων, την ανάπτυξη των οστών και τη δομή και τις λειτουργίες

της κυτταρικής μεμβράνης. Ο ψευδάργυρος μπορεί επίσης να έχει προστατευτικό αποτέλεσμα κατά της αρτηριοσκλήρυνσης λόγω των αντιφλεγμονωδών και αντιοξειδωτικών λειτουργιών του. Το σελήνιο είναι απαραίτητο για τη σωστή φυσιολογία, ιδιαίτερα για τον εγκέφαλο και τους ενδοκρινείς ιστούς. Στους ανθρώπους, έχουν ταυτοποιηθεί 25 πρωτεΐνες που περιέχουν τα αμινοξέα, σεληνοκυστεΐνη και/ή σεληνο-μεθειονίνη. Αυτές περιλαμβάνουν την οικογένεια των γλουταθειόνης των ενζύμων που έχουν αντιοξειδωτικές λειτουργίες και την οικογένεια της ρεδοκτάσης της θειορεδοξίνης, που εμπλέκονται στην κυτταρική αναπνοή. Ο θετικός ρόλος του σεληνίου στην καταπολέμηση των καρκίνων του προστάτη και του παχέος εντέρου έχει επίσης επαληθευτεί. Επιπλέον, το σελήνιο και τα παράγωγά του είναι σε θέση να προστατεύσουν από τη δηλητηρίαση από τον υδράργυρο. Ο Olmedo και άλλοι (2013) παρατήρησαν ότι τα περισσότερα οστρακοειδή έχουν ωφέλιμες αναλογίες Hg προς Se [12].

Τα οστρακοειδή έχουν χαμηλές θερμίδες λόγω του χαμηλού περιεχομένου λιπιδίων και υδατανθράκων. Οι μερίδες 100 g μαγειρεμένου γαλάζιου καβουριού, αχιβάδας, στρειδιού, χτενιού ή γαρίδων παρέχουν μόνο 95 έως 160 kcal. Η μαγειρευμένη γαρίδα (*Pandalus borealis*) έχει περιεκτικότητα σε θερμίδες 68 kcal (295 kJ)/100 g, ενώ η γαρίδα του ψυχρού νερού (*P. vannamei*) έχει ελαφρώς υψηλότερη περιεκτικότητα σε θερμίδες από την *P. borealis*. Οι τιμές για το κρέας καφέ ή λευκών καβουριών είναι 145 kcal (608 kJ) και 85 kcal (360 kJ)/100 g, αντίστοιχα [12].

Προσδιορισμός της θρεπτικής αξίας του κρέατος των οστρακοειδών

Η θρεπτική αξία διαφόρων ειδών οστρακοειδών έχουν επισημανθεί λεπτομερώς από διάφορες μελέτες. Παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα. Η γιγάντια κόκκινη γαρίδα, καθώς και ο αστακός αποτελούν πολύτιμες πηγές θρεπτικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών και των αντιοξειδωτικών, μεταξύ άλλων, για τη διατροφή του ανθρώπου [19]. Τα οστρακοειδή και τα άλλα θαλασσινά προσφέρουν καλές τιμές της βιταμίνης B₁₂ και της βιταμίνης D. Η παρουσία σημαντικών επιπέδων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (συμπεριλαμβανομένων EPA και DHA), βιταμινών, ανόργανων συστατικών και αμινοξέων χαρακτηρίζει το στρείδι ως πιθανή τροφή για την καλή υγεία. Τα οστρακοειδή έχουν επίσης δείκτες αθηρογένεσης και θρομβογένεσης μαζί με καλή υποχοληστερολαιμική έως υπερχοληστερολαιμική αναλογία, επισημαίνοντας τα οφέλη τους για την υγεία [20].

Θρεπτική αξία υδατοκαλλιεργημένων οστρακοειδών

Τα εκτρεφόμενα οστρακόδερμα μπορεί να έχουν τόσο υψηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών όσο και τα άγρια ομόλογά τους. Καθώς οι ζωοτροφές είναι γνωστό ότι επηρεάζουν τη σύνθεση υπάρχει δυνατότητα να αυξηθεί η θρεπτική αξία των εκτρεφόμενων οστρακοειδών, χρησιμοποιώντας ζωοτροφές εμπλουτισμένες με θρεπτικά συστατικά. Η τροφή που συμπληρώνεται με μικροφύκη έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τα περιεχόμενα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε μύδια, στρείδια και χτένια [21].

1.7 Προϊόντα που προέρχονται από οστρακοειδή

Τα νουκλεϊκά οξέα ορίζονται ως ουσίες που μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος ενός τροφίμου που παρέχει οφέλη για την υγεία, συμπεριλαμβανομένης της πρόληψης και της θεραπείας των νόσων [22]. Τα συστατικά των οστρακοειδών όπως τα καροτενοειδή, τα λιπαρά οξέα και τα βιοδραστικά πεπτιδία μεταξύ των άλλων, μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμα συστατικά για την ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων, τα οποία ορίζονται ως τρόφιμα με συγκεκριμένη ωφέλιμη δράση στην υγεία, πέρα από την απλή διατροφή [23] [24]. Οι πολυσακχαρίτες των καρκινοειδών και ιδιαίτερα η χιτίνη και τα παράγωγά της, έχουν φαρμακευτικές ιδιότητες όπως αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιαλλεργικές, αντικαρκινικές, αντιπαχυσαρκιακές, αντιδιαβητικές, αντιπηκτικές, αντι-ιικές, ανοσοδιαμορφωτικές, καρδιοπροστατευτικές και αντιθεραπευτικές δραστηριότητες ως συμπληρώματα διατροφής [25]. Οι πολυσακχαρίτες από ορισμένα οστρακοειδή έχουν αντιθρομβωτική δράση, συγκρίσιμη με εκείνη της ηπαρίνης. Τα αντιφλεγμονώδη και τα αντιαρθρικά συμπληρώματα διατροφής όπως "Seatone" και "Lypriinol" από μύδια είναι εμπορικά διαθέσιμα [26]. Η ταυρίνη που υπάρχει στα καρκινοειδή και τα μαλάκια έχει τη δυνατότητα να μειώσει τους κινδύνους των θανατηφόρων καρδιακών παθήσεων, είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με ω-3 λιπαρά οξέα [27].

1.8 Αλλεργιογόνες ουσίες στα Μαλακόστρακα και τα Μαλάκια

Η τροπομουσίνη είναι το κύριο αλλεργιογόνο στα οστρακόδερμα και τα μαλάκια. Πολλές ισομορφές αυτής της πρωτεΐνης έχουν ταυτοποιηθεί και εκφράζονται σε πολυάριθμους ιστούς εκτός από τους μυς, αντανακλώντας το ρόλο-κλειδί που παίζει η τροπομουσίνη στις συστατικές ίνες. Οι πρωτεΐνες έχουν χαρακτηριστεί ως "παν-

αλλεργιογόνα" που έχουν ταυτοποιηθεί σε διάφορα είδη καρκινοειδών, όπως στις γαρίδες, στους αστακούς και τα καβούρια, καθώς και σε μία σειρά οστρακοειδών μαλακίων, χταποδιών και καλαμαριών. Η ομόλογη φύση των πρωτεϊνών εξηγεί τις διασταυρούμενες αντιδράσεις αλλεργιών που παρατηρούνται συχνά μεταξύ, για παράδειγμα, γαρίδων, αστακών, καβουριών και εισπνεόμενων αλλεργιών εντόμων, όπως αυτές που παρατηρούνται με τα ακάρεα της σκόνης και τις κατσαρίδες. Ωστόσο, τέτοιες ομόλογες σειρές δεν επεκτείνονται στις τροπομυοσίνες των σπονδυλωτών, επομένως δεν υπάρχει διασταυρούμενη αντιδραστικότητα μεταξύ των οστρακοειδών και των ζωικών μυών της τροπομυοσίνης. Η πληροφορική ανάλυση έχει εντοπίσει περιοχές της αλληλουχίας της τροπομυοσίνης των ασπόνδυλων, η οποία έχει μικρότερη πιθανότητα σχηματισμού α-έλικας απ' ότι βρίσκεται στην αντίστοιχη τροπομυοσίνη των σπονδυλωτών, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτό μπορεί να παίζει ρόλο στον προσδιορισμό της ανοσογονικότητάς τους και συνεπώς της αλλεργιογένεσης. Η τροπομυοσίνη είναι ένα θερμοσταθερό αλλεργιογόνο και επομένως αντιστέκεται στις θερμικές επεξεργασίες που χρησιμοποιούνται συνήθως στην επεξεργασία τροφίμων, παρόλο που υπάρχουν ορισμένες ενδείξεις ότι οι αντιδράσεις Maillard και οι νέες μέθοδοι επεξεργασίας, μπορεί να μειώσουν την αλλεργιογένεση. Άλλα αλλεργιογόνα που εντοπίστηκαν σε οστρακόδερμα είναι η κινάση της αργινίνης (που είναι παν-αλλεργιογόνα αλλά θερμοευαίσθητη), η τροπονίνη C, η ελαφριά αλυσίδα της μυοσίνης, η σαρκοπλασματική πρωτεΐνη που δεσμεύεται με ασβέστιο και η τριόζη φωσφορική ισομεράση [28].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Παράγοντες αλλοίωσης & φρεσκότητα αλιευμάτων

2.1 Εισαγωγή

Η φρεσκότητα και η ποιότητα θεωρούνται διαφορετικά από τους καταναλωτές και τους επιστήμονες τροφίμων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όσον αφορά τα θαλασσινά, όπου η φρεσκότητα και η ποιότητα των αυτών επιδέχονται πολλές ερμηνείες. Η διατήρηση της ποιότητας τόσο των άγριων όσο και των υδατοκαλλιεργημένων ψαριών είναι πιο δύσκολη από ότι σε άλλα προϊόντα. Σε αντίθεση άλλα σημαντικά τρόφιμα, η παραγωγή των θαλασσινών δεν μπορεί να ελεγχθεί, να ενισχυθεί ή να προβλεφθεί με ακρίβεια. Υπάρχει μία ασυνήθιστη ποικιλομορφία στη βιομηχανία των θαλασσινών ανάλογα με τη συγκομιδή, τις τεχνικές αλιείας, τα είδη των προϊόντων, την ποσότητα παραγωγής και την τοποθεσία. Επιπλέον, η εσωτερική σύνθεση των θαλασσινών τα καθιστά πιο ευαίσθητα σε τροφιμογενείς κινδύνους [29].

Η ποιότητα των αλιευτικών προϊόντων επηρεάζεται από εγγενείς και εξωγενείς παράγοντες. Τα είδη, το μέγεθος, το φύλο, η σύνθεση, η αναπαραγωγή, η παρουσία παρασίτων, οι τοξίνες, η ρύπανση από διάφορες ουσίες και οι συνθήκες καλλιέργειας είναι οι παράγοντες που ευθύνονται για μεταβολές στην ποιότητά τους. Τα βιοχημικά χαρακτηριστικά των μυών των ψαριών όπως το χαμηλό κολλαγόνο, η περιεκτικότητα σε ακόρεστα λίπη καθώς και οι διαλυτές αζωτούχες ενώσεις επηρεάζουν την αυτόλυση, τον ταχύ πολλαπλασιασμό των μικροβίων και την αλλοίωσή τους. Τα λιπαρά ψάρια όπως οι σαρδέλες και οι ρέγγες, αλλοιώνονται πιο γρήγορα από ότι τα άπαχα ψάρια [29].

Οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των αλιευμάτων είναι η περιοχή της αλίευσης, η εποχή, οι μέθοδοι αλίευσης, ο χειρισμός επί του σκάφους, οι συνθήκες υγιεινής στο αλιευτικό σκάφος και οι συνθήκες αποθήκευσης. Η ανάπτυξη προϊόντων υψηλής ποιότητας από θαλασσινά γίνεται με γνώμονα την κατάσταση του θαλάσσιου ζώου στο νερό, και την επίδραση περιβαλλοντικών πιέσεων, διατροφικών ελλείψεων ή εποχιακών αλλαγών στην εγγενή του ποιότητα [29].

2.2 Αλλοίωση των αλιευμάτων

Αλλοίωση ενός τροφίμου γενικότερα εννοείται η μείωση της ποιότητάς του όσον αφορά κυρίως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Ως αλλοίωση θαλασσινών

ορίζεται η αλλαγή στις οργανοληπτικές ιδιότητες (οιπτικές, προτίμηση, μυρωδιά και σύσταση) των θαλασσινών προϊόντων που τα καθιστά ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση [30]. Η αλλοίωση μπορεί να προέλθει από μικροβιακή δράση, χημικές αντιδράσεις, δράση ενδογενών ενζύμων του τροφίμου, ή από προσβολή από έντομα και τρωκτικά [31]. Περίπου το 25% της παγκόσμιας παραγωγής αλιευμάτων χάνεται εξαιτίας προσβολών λόγω μικροβιακής αλλοίωσης. Στις ανεπτυγμένες χώρες η μικροβιακή αλλοίωση οφείλεται κυρίως σε ψυχρότροφα βακτήρια και μύκητες [31].

Η υποβάθμιση της ποιότητας των θαλασσινών αποδίδεται στις ιδιαίτερα ευαίσθητες πρωτεΐνες και τα λίπη που περιέχονται σε αυτά. Οι σημαντικότεροι παράγοντες υποβάθμισης με επιπτώσεις στη σύσταση, το χρώμα και τη γεύση των θαλασσινών είναι μικροβιακή αλλοίωση, αυτολυτικές διεργασίες, πολυμερισμός, και βιοχημικές αντιδράσεις. Αμέσως μετά το θάνατο των ψαριών, οι μικροοργανισμοί εισβάλλουν στη σάρκα, με συνέπεια το μεταβολισμό μεγάλων μορίων όπως (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λίπη) που περιέχονται σε αυτή [32]. Οι ιστοί των ψαριών παρέχουν ένα ιδανικό μέσο αύξησης για τους μικροοργανισμούς.

Ο βαθμός της μικροβιακής και αυτολυτικής υποβάθμισης ποικίλουν ανάλογα με το είδος, τη μέθοδο σύλληψης και προ πάντων, την επεξεργασία και τη θερμοκρασία αποθήκευσης του προϊόντος

Τέλος, μεγάλη ποικιλία βιοτόπων των ιχθύων και γενικότερα των θαλασσινών, παίζει σημαντικό για τη μικροβιακή χλωρίδα που θα επικρατήσει και θα αλλοιώσει τελικά το προϊόν [33].

2.2.1 Παράγοντες Αλλοίωσης

Προκειμένου να επεκταθεί ο χρόνος ζωής των αλιευμάτων είναι σημαντικό να εκτιμηθούν οι αιτίες των αλλοιώσεων που οδηγούν στην οργανοληπτική απόρριψή τους. Οι αλλοιώσεις των αλιευμάτων πραγματοποιούνται κυρίως λόγω της μικροβιακής ανάπτυξης. Τα νωπά αλιεύματα είναι εξαιρετικά ευαλλοιώτα προϊόντα σε σύγκριση με άλλα προϊόντα τροφίμων. Ανάλογα με το είδος, το χρόνο και τον τρόπο συντήρησης παρατηρούνται παράλληλα και χημικές αλλοιώσεις που επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των αλιευμάτων [30].

Οι αλλοιώσεις των ιχθύων οφείλονται στη δράση βακτηρίων και ενζύμων ή σε μεγαλύτερο διάστημα σε οξειδώσεις.

Μικροβιακή ανάπτυξη

Σημαντικοί παράγοντες υποβάθμισης με επιπτώσεις στη σύσταση, το χρώμα και τη γεύση των θαλασσινών, όπως αναφέρθηκε αποτελούν η μικροβιακή αλλοίωση, οι αυτολυτικές διεργασίες, ο πολυμερισμός, και οι βιοχημικές αντιδράσεις. Αμέσως μετά το θάνατο των ψαριών, οι μικροοργανισμοί εισβάλλουν στη σάρκα, με συνέπεια το μεταβολισμό μεγάλων μορίων όπως (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λίπη) που περιέχονται σε αυτή. Οι ιστοί των ψαριών παρέχουν ένα ιδανικό μέσο αύξησης για τους μικροοργανισμούς. Τα ζωντανά αλιεύματα είναι δυνατό να μολυνθούν από πλήθος παθογόνων βακτηρίων που υπάρχουν στο περιβάλλον όπου ζουν, όπως είναι διάφορα είδη των γενών *Clostridium*, *Vibrio*, *Listeria* και *Aeromonas*. Επίσης διάφορα άλλα βακτήρια, *Salmonella spp*, *Escherichia coli* και *Staphylococcus aureus* μπορεί να μολύνουν τα αλιεύματα προερχόμενα είτε από μολυσμένο υδάτινο περιβάλλον είτε από τους χώρους παραλαβής και επεξεργασίας τους. Οι ιμιδαζολικές ενώσεις βρίσκονται είτε ελεύθερες στη σάρκα των ιχθύων προερχόμενες από τη διάσπαση διαφόρων αμινοξέων, είτε παράγονται από τη δράση ορισμένων βακτηρίων όπως τα είδη του γένους *Proteus*. Η παρουσία της ισταμίνης στη σάρκα των ιχθύων δημιουργεί σοβαρά προβλήματα κατά την επεξεργασία τους. Επιπλέον τα αλιεύματα μπορεί να μολυνθούν με παράσιτα και με ιούς που προσβάλλουν και τον άνθρωπο. Τα ποσοστά της μικροβιακής και αυτολυτικής υποβάθμισης εμφανίζονται να ποικίλουν ανάλογα με το είδος, τη μέθοδο σύλληψης και προ πάντων, από την επεξεργασία και θερμοκρασία αποθήκευσης του προϊόντος [33].

Πολλοί παράγοντες είναι εκείνοι που συνεισφέρουν στη μικροβιολογική πολυπλοκότητα των θαλασσινών, όπως, οι συνθήκες αύξησης των μικροοργανισμών εξαιτίας συγκεκριμένων εγγενών και εξωγενών παραγόντων:

- Θερμοκρασία, aw, Eh, μικροβιακές αλληλεπιδράσεις
- Η ποικιλόθερμη φύση των ψαριών και του υδρόβιου περιβάλλοντός τους
- Ένα υψηλό μεταθανάτιο pH στη σάρκα τους (συνήθως > 6.0)
- Η παρουσία μεγάλων ποσών μη πρωτεϊνικού αζώτου (NPN) [33].

Ενζυμική δράση

Υπάρχουν διάφορα ένζυμα στη σάρκα των ιχθύων. Έτσι μετά το θάνατό τους τα ένζυμα εξακολουθούν να είναι ενεργά, με πρώτο αποτέλεσμα την πτώση του pH της σάρκας τους από 7,0 σε 6,0 έως και 6,5, γεγονός που εξαρτάται από το είδος του ιχθύος και από την κατάσταση στην οποία αυτό βρίσκεται. Η δράση των ενζύμων

προκαλεί μεταβολές στο άρωμα και τη γεύση των ιχθύων. Το ευχάριστο άρωμα της σάρκας των νωπών ιχθυρών οφείλεται κατά κύριο λόγο στη δράση προτεολυτικών ενζύμων της σάρκας τους. Η συνεχόμενη δράση των ενζύμων αυτών και το αυξημένο διάστημα της συντήρησης των ιχθύων έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, οι οποίες καθιστούν το προϊόν μη καταναλώσιμο. Στα καρκινοειδή ένας από τους βασικούς παράγοντες που συμβάλλει στη γρήγορη υποβάθμιση της ποιότητάς τους, καθιστώντας αυτά οργανοληπτικώς μη αποδεκτά για κατανάλωση, είναι η γρήγορη αμαύρωση του σκελετού που τα περιβάλλει. Το κύριο αίτιο της ενζυμικής αμαύρωσης είναι η μετατροπή των φαινολικών ενώσεων αρχικά σε κινόνες και τελικά σε μελανοΐδινες. Τα ένζυμα τα οποία είναι υπεύθυνα για την αντίδραση αυτή, είναι γνωστά ως οξειδάσες της πολυφαινόλης (πολυφαινολοξειδάσες ή φαινολάσες). Για να καταλυθεί η αντίδραση από το ένζυμο απαραίτητο είναι το οξυγόνο, που δρα ως αποδέκτης υδρογόνων, καθώς και ο χαλκός που αποτελεί την πρόσθετη ομάδα του ενζύμου. Το ένζυμο απαντάται σε φυσικούς και ζωικούς ιστούς [30].

Οξείδωση των λιπών

Η σάρκα των ιχθύων περιέχει πολλές ποσότητες ακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, τα οποία έχουν τεράστια σημασία στη διατροφή του ανθρώπου. Έχει αποδειχτεί ότι οι σειρές ω-3 και ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, που υπάρχουν κυρίως στη σάρκα των νωπών ιχθύων, επιδρούν ευεργετικά στο καρδιαγγειακό σύστημα του ανθρώπου, μειώνοντας τις πιθανότητες προσβολής από καρδιαγγειακά νοσήματα. Δυστυχώς όπως, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα εύκολα προσβάλλονται από το οξυγόνο, με αποτέλεσμα να οξειδώνονται, δηλαδή να μετατρέπονται σε κορεσμένα και να ταγγίζει το λίπος. Η οξείδωση των λιπαρών οξέων εκτός από τη μείωση της θρεπτικής αξίας των ιχθύων που προκαλεί είναι και το αίτιο ανάπτυξης δυσάρεστων οσμών στους ιχθύες, οι οποίες τους καθιστούν μη αποδεκτούς από τους καταναλωτές [30].

2.2.2 Σημάδια/Ενδείξεις αλλοίωσης

Μεταβολές στη γεύση

Η γεύση των ψαριών επηρεάζει σημαντικά την αποδοχή των καταναλωτών. Τα φρέσκα θαλασσινά και ψάρια είναι σχεδόν άοσμα, επειδή περιέχουν μόνο μία μικρή ποσότητα πτητικών ουσιών. Αμέσως μετά τη συγκομιδή το προϊόν θεωρείται ότι διατηρεί τα αρχικά του χαρακτηριστικά. Ωστόσο, η μικρότερη ποσότητα πτητικών

ουσιών δεν πρέπει να συνδέεται με τη φρεσκάδα των ψαριών όπως αντιλαμβάνονται οι καταναλωτές, δεδομένου ότι η αξιολόγηση της ποιότητας είναι υποκειμενική. Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι λάτρεις ψαριών προτιμούν τα «ώριμα» ψάρια. Η περίοδος ωρίμανσης όπως επίσης και η εμφάνιση, η ένταση και η διάρκεια της ακαμψίας διαφέρουν από είδος σε είδος. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, η μεταθανάτια δράση των ενδογενών ενζύμων στον ιστό συμβάλλει σε αλλαγές της γεύσης. Η ταχεία οξείδωση μεγάλων ποσοτήτων ακόρεστων λιπών στα ψάρια αποτελεί βασική αιτία για αλλαγές στη μυρωδιά τη γεύση, το χρώμα, την υφή και τη θρεπτική αξία. Η ενζυμική και μη ενζυμική οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων των μυών των ψαριών παράγει ποικιλία καρβονυλίων και αλκοολών που είναι υπεύθυνες για τις αλλαγές της γεύσης στα ψάρια. Σε συνδυασμό με τις ενώσεις οξείδωσης των λιπιδίων, ο σχηματισμός πολλών πτητικών ενώσεων λόγω μικροβιακής δράσης έχει ως αποτέλεσμα σημαντική απώλεια της γεύσης του φρέσκου ψαριού. Στην περίπτωση ελασμοβραχιών όπως οι καρχαρίες, η αμμωνία που παράγεται από τη δράση ενδογενούς ενζυματικής ουρεάσης στην ουρία επηρεάζει τη γεύση. Ομοίως, ο ταχύς σχηματισμός αμμωνίας στις γαρίδες σχετίζεται με τη δραστηριότητα της αδενοσίνης απομινάσης επί των νουκλεοτιδίων, τον καταλυόμενο από αργινάση σχηματισμό ουρίας και τη μετατροπή της σε αμμωνία [34].

Αλλαγές στην υφή

Η υφή είναι μία σημαντική παράμετρος της ποιότητας των μυϊκών τροφών συμπεριλαμβανομένων και των ψαριών. Τα ψάρια είναι γενικά πιο μαλακά από το κόκκινο κρέας, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε συνδετικό ιστό και του βαθμού διασταυρούμενης σύνδεσης. Τα ψάρια μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το την αποικοδόμηση του συνδετικού ιστού από ενδογενείς πρωτεάσες. Η μαλάκωση της σάρκας συνδέεται με την απελευθέρωση της ακτινίνης, την καταστροφή και τη γενική μετουσίωση του συνδετικού ιστού. Μυϊκές πρωτεάσες συμπεριλαμβανομένων της D καθεψίνης και της L καθεψίνης, πρωτεασών ενεργοποιημένων με ασβέστιο (καλπαΐνες), της τρυψίνης, της χυμοτρυψίνης, των αλκαλικών πρωτεασών και των κολλαγενασών συμμετέχουν όλες στην αποσκλήρυνση του ιστού των ψαριών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η μαλάκωση των ιστών των κεφαλόποδων κατά τη διάρκεια της ψυχρής αποθήκευσης αποτελεί μείζον πρόβλημα [34].

Αποχρωματισμός

Ένα άλλο πρόβλημα ποιότητας που αντιμετωπίζει η βιομηχανία θαλασσινών είναι ο αποχρωματισμός των προϊόντων. Το ροζ-κόκκινο χρώμα του δέρματος των περισσότερων ψαριών ξεθωριάζει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό ψύξη ή κατάψυξη λόγω της οξειδωσης των καροτενοειδών χρωστικών ουσιών. Η έκταση της απώλειας χρώματος εξαρτάται από τα ψάρια, τη διαθεσιμότητα οξυγόνου και τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Το χρώμα είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος ποιότητας για τα ψάρια της κατηγορίας του σολομού. Γενικά τα καροτενοειδή προστίθενται στη διαίτα των ιχθυρών για τη βελτίωση της εμφάνισής τους. Η εξασθένηση του καροτενοειδούς χρώματος μπορεί να λάβει χώρα λόγω (i) της αυτοοξειδωσης των συζυγών διπλών δεσμών, ii) της απελευθέρωσης ελεύθερων ριζών κατά την οξειδωση των λιπιδίων που συνδυάζονται με καροτενοειδή για να σχηματίσουν υδροϋπεροξειδία λιπιδίων και (iii) της ενεργότητας των ενζύμων. Οι δραστηριότητες των ενζύμων που εμπλέκονται στην οξειδωση των καροτενοειδών επηρεάζονται από το υπεροξειδίο του υδρογόνου και τα αλογονίδια, ιδιαίτερα βρωμίδια και ιωδιδια. Η λεύκανση του β-καροτένιου μπορεί να οφείλεται σε έναν από τους τρεις παραπάνω μηχανισμούς. Η οξειδωση των μυοσφαιρινών στο μυ είναι ένας άλλος λόγος για την αλλαγή χρώματος στα ψάρια. Η οξειδωση της ερυθράς μυοσφαιρίνης σε καστανή μεμβουμοσφαιρίνη μπορεί να συμβεί και τόσο με μη-ενζυμικές όσο και με ενζυμικές οδούς [34].

Μελάνωση

Η ανάπτυξη μαύρων κηλίδων ή μελανώσεων είναι ένα πρόβλημα που εντοπίζεται στις περισσότερες γαρίδες, τους αστακούς και άλλα καρκινοειδή που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την εμπορική αξία και την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή. Η μελάνωση ενεργοποιείται από ένα βιοχημικό μηχανισμό με τον οποίο οι φαινόλες οξειδώνονται σε κινόνες από το ένζυμο πολυφαινολοξειδάση (PPO). Οι κινόνες είναι άκρως αντιδραστικές και υφίστανται μη-ενζυμική οξειδωση και πολυμερισμό που προκαλούν σκουρόχρωμες χρωστικές με υψηλό μοριακό βάρος. Η PPO βρίσκεται κυρίως στο κέλυφος του κεφαλοθάλμου των καρκινοειδών. Κατόπιν μετατρέπεται σε δραστικό ένζυμο με τη δράση μίας πρωτεάσης της σερίνης που εμφανίζει δραστηριότητα παρόμοια με την τρυψίνη. Μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί από μη φυσιολογικούς παράγοντες όπως απορρυπαντικά, οργανικούς διαλύτες, ακτινοβολία γ και θερμότητα ή με

ανοσοαπόκριση σε μικροβιακή εισβολή. Το ένζυμο παραμένει ενεργό κατά την αποθήκευση σε πάγο και την απόψυξη του καρκινοειδούς. Η εμφύσηση των φρέσκων οστρακοειδών σε υδατικό διάλυμα όξινου θειικού νατρίου έχει χρησιμοποιηθεί παραδοσιακά για να ελέγχει τις μαύρες κηλίδες στο κέλυφος της γαρίδας. Η κατάψυξη των επεξεργασμένων οστρακοειδών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση κατά 17% της περιεκτικότητας σε θειώδη, ενώ η αποθήκευση σε πάγο για 6 ημέρες μπορεί να μειώσει την περιεκτικότητα κάτω από 10 ppm. Πρόσφατα, η ασφάλεια των θεικών παραγόντων έχει αμφισβητηθεί στην κλινική βιβλιογραφία όσο και από τις ομάδες καταναλωτών. Ο Ομοσπονδιακός Κανονισμός των Ηνωμένων Πολιτειών επιμένει ότι τα υπολείμματα διθειώδους άνω των 10 ppm πρέπει να επισημαίνονται για να δηλώνεται η παρουσία της ουσίας, καθώς η παρουσία περίσσειας διθειώδους μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές διαταραχές στους καταναλωτές. Εργαστηριακές δοκιμές και δοκιμές πεδίου έδειξαν ότι, αντί για θειώδες, μία άλλη ένωση, η 4-εξυλο-ρεσορκινόλη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματικός αναστολέας σχηματισμού μαύρων κηλίδων σε γαρίδες [34].

2.3 Φρεσκότητα των αλιευμάτων

Η νωπότητα (φρεσκότητα) αποτελεί ένα από τα πλέον βασικά τεχνολογικά χαρακτηριστικά. Η σημασία της είναι καθοριστική στην παραγωγή προϊόντων ποιότητας. Μόνον από αλιεύματα που βρίσκονται σε άριστη κατάσταση φρεσκότητας είναι δυνατόν να παραχθούν επεξεργασμένα προϊόντα υψηλής ποιοτικής στάθμης [2].

Και η πλέον σύγχρονη τεχνολογία καθώς και ο τελειότερος μηχανολογικός εξοπλισμός, δεν μπορούν να αντισταθμίσουν, έστω και σε πολύ μικρό βαθμό, την έλλειψη της φρεσκότητας [2].

Ένας από τους πρωταρχικούς σκοπούς των ερευνητών της αλλοίωσης των τροφίμων είναι και η εξεύρεση μίας μεθόδου, βάσει της οποίας θα είναι δυνατή η επακριβής μέτρηση όλων των σταδίων της [2].

Υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι για την εκτίμηση της φρεσκότητας των αλιευμάτων, οι οποίες ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες:

- 1. Οργανοληπτική εξέταση**
- 2. Φυσικές μέθοδοι**
 - a) Ηλεκτρική αγωγιμότητα

- b) Δείκτης διάθλασης
- c) Οπτικές εξετάσεις
- d) Επιφανειακή τάση
- e) Ιζώδες
- f) Αλλαγές της υφής

3. Φυσικοχημικές μέθοδοι

- a) pH
- b) Οξειδοαναγωγικό δυναμικό ή Redox
- c) Σημείο πήξης
- d) Ικανότητα Buffer

4. Χημικές μέθοδοι

- a) Βασικές πτητικές αζωτούχες ενώσεις
 - Ολικές βασικές πτητικές αζωτούχες ενώσεις
 - Αμμωνία
 - Τριμεθυλαμίνη
 - Άλλες αμίνες
- b) Πτητικά οξέα
- c) Ηλεκτρικό οξύ
- d) Υδρόθειο
- e) Ινδόλη και σκατόλη
- f) Αναγωγικές ουσίες, που είναι πτητικές σε θερμοκρασία του δωματίου
- g) Ιωδομετρική τιτλοδότηση
- h) Προϊόντα υδρόλυσης των πρωτεϊνών
- i) Νουκλεοτίδια και παράγωγα
- j) Οξείδωση των λιπών
 - Δοκιμή υπεροξειδίων
 - Δοκιμή του Kreis
 - Δοκιμή αλδεϋδης
 - Τιμή λιπαρών οξέων και ελεύθερα λιπαρά οξέα
 - Ατμο-πτητικές αναγωγικές ουσίες
 - Καρβονυλικές ενώσεις

- k) Μικτές χημικές μέθοδοι
- Αντίδραση παρακινόνης
 - Αντίδραση βαναδικού αμμωνίου
 - Αντίδραση του κυανού Lanthanum
 - Τιμή φθαλεΐνης
 - Γαλακτικό οξύ
 - Άλλες δοκιμές

5. Βιολογικές μέθοδοι

- a) Μέτρηση των βακτηρίων
- b) Αναγωγή του νιτρώδους
- c) Αναγωγή του κυανού του μεθυλίου
- d) Αναγωγή της ρεσαζουρίνης
- e) Αναγωγή των παραγώγων του τετραζολίου
- f) Αναγωγή άλλων χρωστικών
- g) Δοκιμή της καταλάσης
- h) Δοκιμή της υπεροξειδάσης
- i) Δοκιμή της δεϋδρογονάσης του ηλεκτρικού οξέος
- j) Δοκιμές άλλων ενζύμων [2].

2.4 Αξιολόγηση της ποιότητας του κρέατος της γαρίδας

Οι γαρίδες όπως και άλλα είδη θαλασσινών, εκτιμώνται γενικά με οργανοληπτικές μεθόδους που βασίζονται σε αλλαγές στην εμφάνιση, την οσμή, το χρώμα, τη γεύση και την υφή τους. Η ταχύτητα, η απλότητα και το χαμηλό κόστος είναι τα κύρια πλεονεκτήματα αυτών των μεθόδων. Ωστόσο, οι οργανοληπτικές αναλύσεις είναι γενικά υποκειμενικές, ακόμη και όταν τα μέλη του πάνελ έχουν ιδιαίτερη κατάρτιση [35] [36]. Για το λόγο αυτό, πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί βιοχημικές μέθοδοι για τη μέτρηση των ποσοτήτων προϊόντων αποικοδόμησης που προέρχονται είτε από βακτηριακή, είτε από ενδογενή ενζυμική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, βιοχημικοί παράγοντες, όπως πτητικά και μη πτητικά επίπεδα αμίνης έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της φρεσκότητας της γαρίδας.

Η ποιότητα του κρέατος της γαρίδας κατά την αποθήκευση επηρεάζεται από τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών, επομένως η αξιολόγηση της ποιότητας του

κρέατος της γαρίδας κατά την αποθήκευση εξαρτάται από αλλαγές στις μικροβιολογικές παραμέτρους [31]. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση της ποιότητας και της διάρκειας ζωής του κρέατος γαρίδας κατά την αποθήκευση βασίζεται στις αλλαγές στις μικροβιολογικές παραμέτρους και τις βιοχημικές παραμέτρους καθ' όλη την περίοδο αποθήκευσης. Παραδείγματα μικροβιολογικών παραμέτρων είναι ο συνολικός αριθμός κυττάρων, των αερόβιων μεσοφλικών βακτηρίων, και η ανάπτυξη αρνητικών κατά Gram βακτηρίων. Οι βιοχημικές παράμετροι συνίστανται στην τιμή του pH, την ενεργότητα του νερού, την περιεκτικότητα σε ολικό πηκτικό βασικό άζωτο και το περιεχόμενων βιογενών αμινών [31] [37] [38].

2.4.1 Αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Και τα μαλακόστρακα (γαρίδες, караβίδες, αστακοί, καβούρια) είναι απαραίτητο να καταναλώνονται σε κατάσταση φρεσκότητας, γιατί σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να προκαλέσουν διάφορες δυσάρεστες συνέπειες [2].

Τα φρέσκα μαλακόστρακα εμφανίζονται υγρά και λαμπερά. Τα πόδια τους και οι λουπές προσθήκες είναι καλά προσκολλημένες πάνω στο σώμα και η κοιλιά είναι ελαφρά τεντωμένη, συνεκτική και υγρή. Τα αλλοιωμένα μαλακόστρακα παρουσιάζουν ξηρό και θαμπό χρωματισμό, οι προσθήκες αποσπώνται εύκολα από το σώμα, η κοιλιά είναι γλοιώδης, μαλακή υποπράσινη. Το κρέας είναι μαλακό εύθρυπτο, έντονα υποκίτρινο με ισχυρή δυσάρεστη οσμή [2].

Η γαρίδα, όταν έχει αλλοιωθεί παρουσιάζει χρώμα γκριζωπό, είναι λαμπερή, στην αφή σχεδόν κολλοειδής και αφήνει στα χέρια μία ισχυρή και δυσάρεστη οσμή. Όταν βρίσκεται σε κιβώτια, μετά την έναρξη της σήψης αναπτύσσεται θερμότητα, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί βυθίζοντας το χέρι μέσα στη μάζα των μαλακόστρακων [39].

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων μαλακόστρακων όπως καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία είναι τα εξής:

Όστρακο: Γυαλιστερό και υγρό.

Βολβός οφθαλμού: Πλήρως μελανός και στυλπνός.

Κοιλιά: Ελαφρώς τεταμένη συμπαγής και έφυγρη.

Σάρκα: Λευκή-Λευκοκίτρινη, συμπαγής και με ευχάριστη οσμή.

Άρθρα: Στερεά, προσκολλημένα στο σώμα και δύσκαμπτα.

Θωρακοκοιλιακή μεμβράνη (συνδέει το κεφάλι με το υπόλοιπο μέρος του σώματος): Ισχυρά τεταμένη, ανθεκτική, διαφανής, που δεν αφήνει να πέσει χαμηλά το κοιλιακό τμήμα του σώματος.

Κεφαλικό τμήμα (κεφαλοθώρακας): Ανοιχτόχρωμο, όχι με μαύρες κηλίδες ή μελανιασμένο.

Κοιλία: Ελαφρώς τεταμένη συμπαγής και έφυγρη.

Ανακλαστικές κινήσεις στα μάτια, τις κεραιές και στα άκρα, όταν αυτά είναι ακόμη ζωντανά [39].

2.4.2 Αξιολόγηση των μικροβιολογικών παραμέτρων

Πρόσφατα, δόθηκε μεγάλη προσοχή στην εμφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών στα καταναλισκόμενα θαλασσινά. Λόγω των αυξανόμενων απαιτήσεων των καταναλωτών για ασφαλέστερα και ποιοτικά καλύτερα θαλασσινά, οι παράγοντες της ασφάλειας και της ποιότητας των θαλασσινών στο εμπόριο έχουν καταστεί ιδιαίτερα σημαντικοί, δεδομένου ότι τα φρέσκα θαλασσινά είναι επιρρεπή σε ορισμένες μικροβιολογικές αλλοιώσεις [6].

Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών στη γαρίδα μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση λόγω της παραγωγής μεταβολικών προϊόντων. Τα υποπροϊόντα των μικροοργανισμών περιλαμβάνουν πτητικές και μη πτητικές ενώσεις και πιθανώς τοξίνες. Επιπλέον, τα μικρόβια μπορεί να προκαλέσουν διάσπαση των γαρίδων, με αποτέλεσμα την απώλεια της υφής και τον αποχρωματισμό. Η δομική αποικοδόμηση του ιστού της γαρίδας οφείλεται εν μέρει στις δράσεις των μικροβιακών πρωτεολυτικών ενζύμων. Η ανίχνευση του μικροβιακού φορτίου χρησιμοποιείται συνήθως ως μέσο για τον προσδιορισμό της φρεσκότητας ή της ποιότητας της γαρίδας [29].

Κατά την αλίευση, την επεξεργασία και το χειρισμό οι γαρίδες μπορεί να μολυνθούν από ευρύ φάσμα μικροοργανισμών και από κοινούς παθογόνους μικροοργανισμούς. Τα βακτήρια που προσβάλλουν συνήθως τα τρόφιμα έχουν σχέση συνήθως με τους ανθρώπους ή τα ζώα και τα κόπρανά τους και δεν απαντώνται στις γαρίδες. Ακολούθως, κατά τη διανομή και την αποθήκευση η μόλυνση που οφείλεται σε μικροοργανισμούς μπορεί να αναπτυχθεί γρήγορα και να προκαλέσει σοβαρή αλλοίωση των γαρίδων. Οι γαρίδες πεθαίνουν αμέσως μετά την αλίευση και μπορεί να αναπτύξουν υψηλό αριθμό βακτηριακών αποικιών μέχρι να μεταφερθούν στη μονάδα επεξεργασίας που βρίσκεται στην ακτή [38] [40].

Η θερμοκρασία αποθήκευσης καθορίζει τον τύπο της μικροχλωρίδας που υπερισχύει και τις προκύπτουσες πτητικές ενώσεις που παράγονται ως μεταβολικά

προϊόντα κατά την αλλοίωση. Σε σχετική μελέτη που διεξήχθη, λευκές γαρίδες του Ειρηνικού, αφού ομογενοποιήθηκαν και αποστειρώθηκαν με θέρμανση, εμβολιάστηκαν με διαφορετικά βακτήρια που είχαν απομονωθεί προηγουμένως από γαρίδες και είχαν διατηρηθεί στους 30 °C για 24 h. Κάθε δείγμα διαιρέθηκε, για να σχηματίσει 2 πρόσθετα δείγματα, το ένα φυλάχθηκε στους 6 °C για 24 h και το άλλο στους 30 °C για 7 ημέρες. Οι οργανοληπτικές αναλύσεις και οι αναλύσεις των δειγμάτων έδειξαν ότι τα εμβολιασμένα δείγματα με *Chryseomonas luteola* και *Serratia marcescens* που διατηρήθηκαν στους 30 °C για 24 h είχαν ισχυρότερο και δυσάρεστο άρωμα. Οι διαφορές στο άρωμα μεταξύ του τυφλού δείγματος που αποθηκεύτηκε στους 6 °C για 7 ημέρες και του εμβολιασμένου δείγματος που φυλάχθηκε υπό τις ίδιες συνθήκες, δεν ήταν σημαντικές. Ακόμη απομονώθηκαν οργανισμοί από γαρίδες οι οποίοι κρατήθηκαν στους 6 °C για 7 ημέρες. Δείγματα εμβολιάστηκαν με 10 διαφορετικά βακτήρια και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα *Pseudomonas fluorescens* και *Brevudimonas* sp. παράγουν την ισχυρότερη και δυσάρεστη οσμή, όταν διατηρούνται στους 6 °C για 7 ημέρες. Όταν αυτά τα βακτήρια κρατήθηκαν στους 30 °C για 24 h, οι διαφορές στο άρωμα μεταξύ του εμβολιασμένου δείγματος και του τυφλού δείγματος δεν ήταν σημαντικές [41].

Οι γαρίδες της Βόρειας Θάλασσας όπως είναι οι *C. crangon* παραδοσιακά βράζονται εντός του αλιευτικού σκάφους, εξαλείφοντας έτσι μεγάλο μέρος της μικροβιακής χλωρίδας. Ωστόσο, επιμολύνονται κατά τη διάρκεια του μεταγενέστερου χειρισμού και της ψύξης στο θαλασσινό νερό, ιδιαίτερα από ψυχότροφα βακτήρια. Δεδομένου ότι οι γαρίδες είναι πλούσιες σε ελεύθερα αμινοξέα, βιταμίνες και μέταλλα, το νερό που μεταφέρεται στο δοχείο για το μαγείρεμα αποτελεί ένα ιδανικό μέσο για την ανάπτυξη βακτηρίων [31] [37] [40]. Επιπλέον, το pH του κρέατος της γαρίδας είναι σχεδόν ουδέτερο, περίπου 7,0. Έτσι το κρέας της γαρίδας αποτελεί κατάλληλο περιβάλλον επιβίωσης και πολλαπλασιασμού των βακτηρίων [38]. Επιπλέον, κάτω από μη σωστές συνθήκες υγιεινής, οι μικροοργανισμοί αλλοιώνουν γρήγορα το κρέας της γαρίδας. Αξίζει να σημειωθεί ότι, όταν οι γαρίδες πεθαίνουν, το ανοσοποιητικό τους σύστημα καταρρέει και επιτρέπεται ο ελεύθερος πολλαπλασιασμός των βακτηρίων. Στο κέλυφος της γαρίδας, τα βακτήρια αποικίζουν κυρίως στις εσοχές των λεπιών, ενώ κατά την αποθήκευση εισβάλλουν στη σάρκα μετακινούμενα μεταξύ των μυϊκών ινών [42].

Επιπλέον, όπως και σε άλλες ημι-έτοιμες για κατανάλωση τροφές, οι μαγειρεμένες γαρίδες αποτελούν ένα σοβαρό κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών, λόγω της

ικανότητάς τους να σχετίζονται με βακτήρια αλλοίωσης, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την υγεία των καταναλωτών [43] [5]. Τα βακτήρια αλλοίωσης, όπως *Salmonella sp.*, *Listeria sp.*, *Escherichia coli* και *Staphylococcus aureus*, εμφανίζονται ενδεχομένως σε μαγειρεμένες γαρίδες και η εμφάνισή τους οφείλεται στις συνθήκες χειρισμού, επεξεργασίας και αποθήκευσης [43] [40].

Μεταξύ αυτών των βακτηρίων, ο *Staphylococcus aureus* παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς μπορεί να παράγει τοξίνες σταθερές σε θέρμανση που προκαλούν τροφική δηλητηρίαση [31]. Αυτές οι τοξίνες συνεχίζουν να αντέχουν στις γαρίδες κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος, και έτσι οι μαγειρεμένες γαρίδες μπορεί να προκαλέσουν μεγάλο κίνδυνο. Ο *Staphylococcus aureus* είναι ένας προαιρετικά αναερόβιος θετικός κατά Gram, θετικός ως προς την καταλάση και είναι ικανός να μετατρέπει το υπεροξειδίο του υδρογόνου σε νερό και οξυγόνο, γεγονός που καθιστά τη δοκιμή της καταλάσης χρήσιμη για την αναγνώριση των εντερόκοκκων σταφυλόκοκκων και στρεπτόκοκκων. Ο *Staphylococcus aureus* είναι η πιο συνηθισμένη αιτία σταφυλοκοκκικών λοιμώξεων [35].

Εκτός αυτού οι μαγειρεμένες γαρίδες συχνά μολύνονται από *Escherichia coli*, που ανήκουν στην οικογένεια *Enterobacteriaceae*. Το *E-coli* είναι γραμμικό ραβδόμορφο αρνητικό κατά Gram, μη σπορογόνο, διατεταγμένο σε ζεύγη ή μεμονομένα, ενδεχομένως αναερόβιο βακτήριο με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης 37 °C [40].

Επιπροσθέτως οι μαγειρεμένες γαρίδες συχνά λειτουργούν ως πηγή τροφικής μόλυνσης, όπως η *Listeria monocytogenes*, η οποία προκαλεί λιστερίωση. Η *L. Monocytogenes* είναι ένα μη-σπορογόνο θετικό κατά gram βακτήριο και θετικό σε καταλάση. Μπορεί να αναπτυχθεί υπό αναερόβιες ή μικροαεροφιλικές συνθήκες και υπό ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών (0-45 °C) με βέλτιστο εύρος 30-37 °C [40].

Τέλος, ένα γένος βακτηρίων που ενδέχεται να μολύνει τις γαρίδες είναι η σαλμονέλα. Η σαλμονέλα ανήκει στην οικογένεια *Enterobacteriaceae*. Πρόκειται για αρνητικό κατά Gram βακτήριο που δεν σχηματίζει σπόρια και το οποίο είναι προαιρετικά αναερόβιο, θετικό στην καταλάση, αρνητικό στην οξειδάση και γενικώς κινείται με περιτριχικά μαστίγια. Οι ορότυποι είναι στενά συνδεδεμένοι, πολλοί από τους οποίους είναι πιθανώς παθογόνοι για τον άνθρωπο και τα ζώα [40]. Η σαλμονέλα μπορεί να προκαλέσει σαλμονέλωση, μία ευρέως διαδεδομένη διατροφική ασθένεια. Αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία σε πολλές χώρες. Τα κλινικά χαρακτηριστικά της σαλμονέλωσης του ανθρώπου αναγνωρίζονται συνήθως από κοιλιακό άλγος, διάρροια, ναυτία και μερικές φορές

εμετό. Είναι γνωστό ότι η τροφική αλυσίδα είναι γενικά η κύρια πηγή μόλυνσης από τον ιό της σαλμονέλας για τον άνθρωπο [35]. Πολλοί παράγοντες όπως η ανεπαρκής παροχή καθαρού νερού, τα ανεπαρκή υγειονομικά μέτρα, η έλλειψη υγιεινής των τροφίμων και τα μέτρα ασφάλειας των τροφίμων ευθύνονται για την αύξηση των επιπτώσεων της σαλμονέλλωσης μέσω της τροφής [44].

Ο συνολικός αριθμός των οργανισμών που επιτρέπεται να αναπτόσσονται στα θαλασσινά ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό όπως αναφέρθηκε από αρκετούς ερευνητές. Ο συνολικός βιώσιμος αριθμός (TVC) αερόβιων μεσοφιλικών βακτηριδίων προτάθηκε να είναι 10^6 CFU/g, όταν ανιχνεύτηκε κάποια αισθητή αλλοίωση στα θαλασσινά. Επιπλέον η διεθνής Ένωση Μικροβιολογικών Εταιριών (International Union of Microbiological Societies) πρότεινε επίσης το όριο αποδοχής 10^6 CFU/g για τα νωπά ψάρια. Τέλικά η τιμή των 10^6 CFU/g έχει προταθεί ως η κατευθυντήρια γραμμή για τη φρεσκότητα του κρέατος της γαρίδας [45].

2.4.3 Αξιολόγηση των βιοχημικών παραμέτρων

Η φρεσκάδα του κρέατος της γαρίδας, εκτιμάται γενικά με βάση τις αλλαγές στις βιοχημικές παραμέτρους όπως η τιμή του pH, η περιεκτικότητα σε ολικό πιπτηκό βασικό άζωτο (TVBN), η τιμή της ενεργότητας του νερού και η περιεκτικότητα σε βιογενείς αμίνες κατά την αποθήκευση. Συγκεκριμένα, οι βιοχημικές παράμετροι χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η ποιότητα της φρέσκιας γαρίδας.

Η τιμή του pH είναι ένας δείκτης για την αλλοίωση του κρέατος της γαρίδας λόγω των επιδράσεων του στις δραστηριότητες των μικροοργανισμών και των ενζύμων κατά την αποθήκευση. Συνήθως το pH μειώνεται κατά τον αναερόβιο σχηματισμό γαλακτικού οξέος με μικροβιακή δραστηριότητα κατά τις πρώτες ώρες μετά το θάνατο της γαρίδας. Ωστόσο, ο μικροβιακός μεταβολισμός μπορεί επίσης να οδηγήσει και σε αύξηση του pH κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης [37].

Η εμφάνιση TVBN είναι ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που αποδίδονται στις μεταβολές των βιοχημικών παραμέτρων που εμφανίζονται στους μύς των θαλασσινών κατά την αλλοίωση. Αυτή η παράμετρος θεωρείται ευρέως ως ένας χρήσιμος δείκτης της φρεσκότητας των θαλασσινών [38].

Στην πραγματικότητα ο κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης θεωρεί ως όριο για την παράμετρο TVBN την τιμή 30mg/100g. Πάνω από αυτό το όριο θεωρείται ότι οι γαρίδες δεν είναι αποδεκτές προς κατανάλωση από τον άνθρωπο [36]. Η αύξηση του περιεχόμενου TVBN στο κρέας της γαρίδας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

μπορεί να αποδοθεί σε αρκετές ενζυμικές διεργασίες, συγκεκριμένα στην αποαμίνωση των ελεύθερων αμινοξέων, την αποικοδόμηση των νουκλεοτιδίων και την οξειδωση των αμινών [46].

Η βιοχημική παράμετρος για την ουσιαστική αξιολόγηση της ποιότητας των θαλασσινών είναι η περιεκτικότητα σε βιογενείς αμίνες λόγω των πιθανών τοξικών τους επιπτώσεων. Οι βιογενείς αμίνες είναι μη πτητικές αμίνες και βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα στις φρέσκιες γαρίδες. Ωστόσο, μπορούν να συσσωρευτούν σε συνδυασμό με τη βακτηριακή αλλοίωση στο κρέας της γαρίδας κατά την αποθήκευση. Συνιστάται γενικότερα η μείωση ή ακόμη και η αποφυγή της κατανάλωσης τροφίμων που περιέχουν βιογενείς αμίνες, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις [47].

Οι βιογενείς αμίνες παράγονται με μικροβιακή αποκαρβοξυλίωση των αμινοξέων σε διατροφικά προϊόντα. Ο σχηματισμός τους στα τρόφιμα εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα ελεύθερων αμινοξέων, την παρουσία θετικών μικροοργανισμών αποκαρβοξυλάσης και ευνοϊκών συνθηκών, οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών και την επακόλουθη δραστηριότητα της αποκαρβοξυλάσης. Οι σημαντικότερες βιογενείς αμίνες που απαντώνται στις γαρίδες είναι η putrescine, η cadaverine, η tyramine, η agmatine, η ισταμίνη και η σπερμιδίνη. Η σημασία της εκτίμησης της συγκέντρωσης βιογενών αμινών στα θαλασσινά σχετίζεται με την επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία και στην ποιότητα των τροφίμων. Ωστόσο, μέχρι σήμερα μόνο η ισταμίνη έχει μελετηθεί εκτεταμένα και είναι η μόνη βιογενής αμίνη που έχει νομοθετικά καθορισμένα όρια σύμφωνα, με την Ευρωπαϊκή Ένωση να έχει ορίσει τη μέγιστη μέση περιεκτικότητα σε 100mg/kg για τις πρώτες ύλες θαλασσινών. Η υπηρεσία Τροφίμων & Φαρμάκων μείωσε το επίπεδο της τοξικότητας της ισταμίνης από 100 σε 50 mg/kg. Επιπλέον, μερικές μελέτες έχουν αναφέρει ότι η συσσώρευση βιογενών αμινών στα ωμά ψάρια αυξάνεται προοδευτικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Έτσι έχουν προταθεί και ως πιθανοί δείκτες για την αξιολόγηση της φρεσκότητας [35].

Η ινδόλη, μία ένωση που η μυρωδιά της θυμίζει πίσσα είναι ένας μεταβολίτης μικροοργανισμών και θεωρείται δείκτης μικροβιακής δραστηριότητας. Σήμερα, η Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) χρησιμοποιεί οργανοληπτική (αισθητηριακή) αξιολόγηση της οσμής της γαρίδας από εκπαιδευμένο προσωπικό για τη μέτρηση των επιπέδων ινδόλης ως δείκτη ποιότητας αυτής. Εάν η οργανοληπτική αξιολόγηση προσδιορίζει ότι τα δείγματα ανέπτυξαν

οσμή αποσύνθεσης, η ανάλυση επιβεβαίωσης πρέπει να διεξάγεται με εξέταση τουλάχιστον έξι υποδεικτών για την ινδόλη. Η ανάλυση ινδολίου δεν θεωρείται ανεξάρτητη μέθοδος, αλλά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλους δείκτες ποιότητας [41].

Μία άλλη παράμετρος για την εκτίμηση της φρεσκότητας της γαρίδας είναι η ενεργότητα του νερού (a_w). Η έννοια της ενεργότητας του νερού είναι μία σημαντική ιδιότητα που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων σε σχέση με την ανάπτυξη μικροβίων, το ποσοστό των αντιδράσεων αλλοίωσης, τις χημικές και τις φυσικές ιδιότητες. Ο έλεγχος της ενεργότητας του νερού είναι ένας σημαντικός τρόπος για την πρόληψη της αλλοίωσης και για τη διατήρηση της ποιότητας των τροφίμων [48].

Η ενεργότητα του νερού περιγράφει τη διαθεσιμότητα ελεύθερου ύδατος στα τρόφιμα και συνεπώς τη δυνατότητά του να δρα ως διαλύτης και να συμμετέχει σε χημικές ή βιοχημικές αντιδράσεις και στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών του συστήματος τροφής. Η ενεργότητα του νερού επηρεάζει όχι μόνο τη μικροβιακή αλλοίωση, αλλά και τη χημική και ενζυμική αντίδραση καθώς και τη σταθερότητα αποθήκευσης των τροφίμων, καθώς ορισμένες μεσολαβητικές διεργασίες στα τρόφιμα διενεργούνται με το νερό [49] [50].

Η ενεργότητα του νερού έχει άμεση επίπτωση στη μικροβιολογική ασφάλεια των τροφίμων. Οι μικροοργανισμοί γενικά αναπτύσσονται καλύτερα σε ένα εύρος τιμών a_w 0.95-0.98, ενώ οι περισσότεροι από αυτούς παύουν να αναπτύσσονται σε $a_w < 0.90$. Οι μικροοργανισμοί που προκαλούν αλλοίωση των θαλασσινών γενικά παρεμποδίζονται σε ορισμένες περιοχές a_w [48].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συντήρηση των αλιευμάτων

3.1 Εισαγωγή

Τα τρόφιμα ανάλογα με την προέλευσή τους (ζωική ή φυτική) παρουσιάζουν ιδιομορφίες ως προς την αποτελεσματικότητα της εφαρμογήστων τεχνολογικών μεθόδων συντήρησης (ψύξη, θέρμανση, αλάτισμα κλπ.) και ακόμη διαφορετική συμπεριφορά και διαφορετικές μεταβολές από τη χρήση των μεθόδων αυτών. Για αυτό η τεχνολογία των τροφίμων ζωικής προέλευσης και η φυτικής προέλευσης παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανάλογα με τον «ιδιαιτερο κλάδο», όπως π.χ. τεχνολογία γάλακτος κρέατος κτλ. Τα προβλήματα που αφορούν κάθε ομάδα τροφίμων είναι διαφορετικά, σε πολλές δε περιπτώσεις είναι αντίθετα μεταξύ τους ανεξαρτήτως του ότι οι γενικές αρχές των μεθόδων που εφαρμόζονται είναι οι ίδιες για όλες τις ομάδες των τροφίμων. Η τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης είναι εφαρμοσμένη ευρέως τόσο στον ερευνητικό τομέα όσο και στον τομέα πρακτικών εφαρμογών.

Ως συντήρηση ορίζεται η λήψη μέτρων που συμβάλλουν στη σταθεροποίηση των τροφίμων σε σχέση με τους παράγοντες που προκαλούν την ποιοτική υποβάθμιση ή αλλοίωσή τους. Στόχος των διεργασιών συντήρησης είναι η επιβράδυνση των αντιδράσεων καταβολισμού, ο περιορισμός της ανάπτυξης των μικροοργανισμών, καθώς και της απώλειας υγρασίας από το προϊόν.

Η συντήρηση των τροφίμων βασίζεται κυρίως σε δύο βασικές αρχές:

- Στην καταστροφή, αδρανοποίηση ή απομάκρυνση ενός ή όλων των παραγόντων που συμβάλλουν στην υποβάθμιση και αλλοίωση των τροφίμων και
- Στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών στο τρόφιμο ή στο περιβάλλον του τροφίμου για να περιοριστεί η δράση των παραγόντων αυτών.

Επειδή οι αλλοιώσεις των τροφίμων προκαλούνται κυρίως από μικροοργανισμούς και ένζυμα, οι περισσότερες μέθοδοι συντήρησης στηρίζονται στη λήψη μέτρων για την αντιμετώπισή τους.

Διαφορετικοί μέθοδοι όπως η ξήρανση, το κάπνισμα, η κατάψυξη, η ψύξη, το αλάτισμα και η κονσερβοποίηση έχει αναφερθεί ότι επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής των θαλασσινών και των προϊόντων με βάση το κρέας. Ωστόσο, η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες και οι χημικές τεχνικές για τον έλεγχο της ενεργότητας του

νερού, της ενζυμικής, οξειδωτικής και μικροβιακής αλλοίωσης είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συνήθως σήμερα στη βιομηχανία [51] [52].

3.2 Συντήρηση αλιευμάτων

3.2.1 Συντήρηση αλιευμάτων με ψύξη & κατάψυξη

Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, η μέθοδος αποθήκευσης σε χαμηλή θερμοκρασία έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη διατήρηση πολλών θαλασσινών, καθώς επιβραδύνει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Αυτή η μέθοδος συντήρησης δεν επιβραδύνει ουσιαστικά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, αλλά μειώνει τον μικροβιακό μεταβολισμό που είναι υπεύθυνος για την αλλοίωση. Ο Johnston και οι συνεργάτες του (1994) αναφέρουν ότι η κατάψυξη και η κατάψυξη και η αποθήκευση εν ψυχρώ μπορεί να είναι αποτελεσματικές μέθοδοι διατήρησης των ψαριών, αλλά δεν βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων. Είναι απαραίτητο να διατηρείται το ψάρι στους 0 °C μετά την αλίευση, καθώς η αλλοίωση συμβαίνει πολύ γρήγορα. Η Berkel και οι συνεργάτες της ανέφεραν δύο δυνατότητες αποθήκευσης του νωπού ψαριού σε χαμηλές θερμοκρασίες: (α) ψύξη στους -1 °C έως +4 °C, η οποία αναστέλλει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και (β) κατάψυξη από -18 °C έως -30 °C, η οποία εμποδίζει πλήρως την ανάπτυξη των βακτηρίων. Ωστόσο τόσο οι ενζυμικές όσο και οι μη ενζυμικές μεταβολές συνεχίζονται ακόμη και στις χαμηλότερες θερμοκρασίες αλλά με βραδύτερο ρυθμό [51].

Η χρήση πάγου ή άλλων μεθόδων ψύξης συνιστώνται, ώστε να διατηρούνται όλα τα ψάρια σε ψυχρή κατάσταση πριν από την κατάψυξη. Ο σχηματιζόμενος πάγος λειτουργεί για : α) τη διατήρηση ομοιόμορφης χαμηλής θερμοκρασίας, β) τη μείωση της αυτόλυσης και της βακτηριακής αποικοδόμησης και γ) την παροχή ήπιας απώλειας νερού κατά την τήξη. Προκειμένου να επιτευχθεί θερμοκρασία κάτω από το σημείο πήξης του καθαρού νερού, ο πάγος παράγεται από αλμυρό νερό, ώστε να επιτευχθεί μία θερμοκρασία ψύξης κοντά στους -2,5 °C. Ωστόσο, μπορεί να προκύψει κάποια απώλεια της γεύσης, λόγω της απομάκρυνσης ελεύθερων αμινοξέων. Η κατάψυξη ως μέθοδος συντήρησης δεν μπορεί να εξασφαλίσει τέτοιες απώλειες αμινοξέων. Ωστόσο, σίγουρα εμποδίζει τις φυσικές και βιοχημικές αντιδράσεις που είναι υπεύθυνες για την αλλοίωση των τροφίμων. Η επιβίωση των μικροοργανισμών αλλοίωσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εξαρτάται από τους τύπους μικροοργανισμών από τα είδη των αλιευμάτων, το ιστορικό τους, τις μεθόδους αλίευσης και τις διαδικασίες χειρισμού και αποθήκευσης στο αλιευτικό σκάφος. Τα

ψάρια περιέχουν περίπου 60-80% κατά βάρος νερό ανάλογα με το είδος τους. Η διαδικασία της κατάψυξης μετατρέπει το μεγαλύτερο μέρος του νερού σε πάγο. Αν και το σημείο ψύξης των ψαριών είναι -1 έως -2 °C, σε θερμοκρασία -25 °C μόνο το 90-95% του νερού παγώνει. Αυτό δεν περιλαμβάνει δεσμευμένο νερό το οποίο δεσμεύεται χημικά σε συγκεκριμένες θέσεις, όπως σε καρβονυλικές και αμινομάδες των πρωτεϊνών ή με δεσμούς υδρογόνου. Ωστόσο, σε θερμοκρασίες τόσο χαμηλές στους -30 °C, η τελική ποιότητα εξαρτάται από την ποιότητα των ιχθυρών κατά τη στιγμή της κατάψυξης καθώς και από άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία ψύξης/κατάψυξης και η ταχύτητα ψύξης [29].

Συντήρηση υπό ψύξη

Το ψύχος χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλη κλίμακα για τη διατήρηση των αλιευμάτων.

Όπως είναι γνωστό τα ψάρια και γενικώς, τα αλιεύματα είναι ψυχρόαιμα ζώα, δηλαδή η εσωτερική θερμοκρασία του σώματός τους είναι παραπλήσια της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζουν [2].

Εάν ληφθεί υπόψη ότι η θερμοκρασία των Ωκεανών είναι συνήθως χαμηλότερη των +5 °C, διαπιστώνεται ότι οι χρησιμοποιούμενες θερμοκρασίες για τη διατήρηση με ψύξη των τροφίμων (κρέατα, φρούτα, λαχανικά κλπ.) είναι οι θερμοκρασίες του κανονικού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο ζουν και αναπτύσσονται τα αλιεύματα [2].

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι ακόμη και σε θερμοκρασία τηκόμενου πάγου, τα βακτήρια αναπτύσσονται γρήγορα πάνω στα ψάρια. Μία μείωση όμως της θερμοκρασίας διατήρησης πολύ κοντά στους 0 °C, περιορίζει σημαντικά την ανάπτυξή τους και σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι μία αντίστοιχη μείωση σε θερμοκρασίες γύρω στους +10 °C [2].

Τα φαινόμενα της αλλοίωσης των αλιευμάτων επιβραδύνονται σημαντικά με την εφαρμογή ψύχους. Η παράταση της διατήρησης των αλιευμάτων με το ψύχος είναι πολύ μεγαλύτερη, όταν ο αρχικός μικροβιακός πληθυσμός είναι μικρός [2].

Όταν το αρχικό μικροβιακό φορτίο των ψαριών είναι υψηλό, τότε παρά την εφαρμογή της ψύξης, η διάρκεια της διατήρησης των προϊόντων περιορίζεται σημαντικά [2].

Μέθοδοι ψύξης των αλιευμάτων

Η ψύξη των αλιευμάτων επιτυγχάνεται με τις παρακάτω μεθόδους:

1. Με πάγο
2. Με υδρόψυξη
3. Με ψυχρό θαλασσινό νερό.
4. Με ψυχρή άλμη.
5. Με ψυχρό αέρα.
6. Με συνδυασμό μεθόδων
7. Με υπέρψυξη.

Οι μέθοδοι αυτές επιτυγχάνουν τη μείωση της θερμοκρασίας των προϊόντων γύρω στους 0 °C, αλλά δεν εξασφαλίζουν την ίδια ακριβώς διατήρηση, γιατί οι συνθήκες της ψύξης και οι κίνδυνοι των μολύνσεων δεν είναι οι ίδιοι [2].

Ψύξη των αλιευμάτων με πάγο

Εφαρμόζεται σε πολύ μεγάλη κλίμακα, τόσο για την ψύξη των αλιευμάτων πάνω στο αλιευτικό σκάφος, όσο και για τη διατήρησή τους μέχρι την κατανάλωση.

Η θερμοκρασία του πάγου κυμαίνεται μεταξύ -5 °C και -0,5 °C. Κατά την ψύξη των προϊόντων αλιείας με πάγο, η επιτυχία της όλης εργασίας εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- a) Το βαθμό τεμαχισμού του πάγου.
- b) Τη διανομή του γύρω από τα αλιεύματα.
- c) Την ποσοτική σχέση μεταξύ αλιευμάτων και πάγου.

Εάν τα τεμάχια πάγου είναι πολύ μεγάλα, η επιφάνεια επαφής αλιευμάτων και πάγου είναι μικρή και η ψύξη βραδεία. Εάν από την άλλη πλευρά είναι πάρα πολύ μικρά, το νερό τήξης απορρέει δύσκολα, με αποτέλεσμα η επιφάνεια επαφής να είναι μικρή και η ψύξη σχετικά βραδεία. Ο πάγος ερχόμενος σε επαφή με τα αλιεύματα θα τακεί.

Κατά την εφαρμογή του πάγου πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια αποφυγής μηχανικών τραυματισμών των αλιευμάτων, ιδιαίτερα σε προϊόντα με ευαίσθητο δέρμα και σάρκα.

Όταν τα αλιεύματα διατηρούνται με πάγο, σε μάζες μεγάλου πάχους, τότε χάνουν ένα μέρος των υδατοδιαλυτών τους συστατικών, λόγω ακριβώς της πίεσης. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή σε απουσία πίεσης, τα αλιεύματα μπορούν να αυξήσουν

το βάρος τους κατά 1% περίπου, λόγω ώσμωσης του νερού της τήξης του πάγου που τα περιβάλλει.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθούν άριστα αποτελέσματα με τη μέθοδο αυτή, είναι η τήξη του πάγου.

Ο πάγος πρέπει να τήκεται μόνο όταν:

- a) Εξασφαλίζονται άριστες ανταλλαγές θερμότητας, με αποτέλεσμα η ψύξη να είναι ταχεία, σχεδόν ακαριαία.
- b) Τα νερά από την τήξη του πάγου απομακρύνουν το αίμα, τις ξένες ύλες και τα μικρόβια που υπάρχουν στην εξωτερική επιφάνεια των ψαριών.
- c) Το δέρμα του ψαριού παραμένει υγρό και τα χρώματα διατηρούν τη ζωντάνια τους. Το ψάρι διατηρεί θαυμάσια τα χαρακτηριστικά της φρεσκότητάς του. Είναι πραγματικά σαν να βρίσκεται μέσα στο φυσικό του περιβάλλον.

Η χρήση πάγου στη διατήρηση των αλιευμάτων παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής:

- a) **Διάφοροι τραυματισμοί:** Η ανάμιξη των ψαριών με τον τεμαχισμένο πάγο είναι δυνατόν να προκαλέσει διάφορες μηχανικές βλάβες. Η λύση της συνέχειας του δέρματος, με όλες τις δυσάρεστες συνέπειες, είναι η πλέον συχνή μηχανική βλάβη. Τα μυτερά άκρα των τεμαχιδίων του πάγου τρυπούν και σχίζουν το δέρμα των ψαριών.
- b) **Απώλεια διαφόρων θρεπτικών, αρωματικών και γευστικών ουσιών:** η χημική σύσταση των διατηρημένων με πάγο ψαριών μεταβάλλεται ελαφρά λόγω ανταλλαγών που συμβαίνουν ανάμεσα σ' αυτά και τον πάγο.

Το νερό της τήξης του πάγου περιβάλλει συνεχώς τα ψάρια και παρασύρει σημαντικές ποσότητες υδατοδιαλυτών ουσιών. Το οξείδιο της τριμεθυλαμίνης, η κρεατίνη, η ταυρίνη, η γλυκόζη και άλλα συστατικά παρασύρονται και απομακρύνονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό.

Έρευνες απέδειξαν ότι σε κατά τη διατήρηση για 15 ημέρες σε πάγο πάνω από τα 2/3 των μη πρωτεϊνικών αζωτούχων ενώσεων έχουν απωλεσθεί, παρά τη συνεχή ανανέωσή τους με μικροβιακή αποσύνθεση ή αυτόλυση.

Στα κατώτερα στρώματα των ψαριών που διατηρούνται με πάγο μέσα σε ιχθυοκιβώτια ή σε χωρίσματα του αμπαριού, διαπιστώνεται μία αισθητή απώλεια βάρους λόγω της πίεσης των υπερκείμενων στρωμάτων και της δράσης του τηκόμενου πάγου [53].

Υδρόψυξη

Κατά την υδρόψυξη τα αλιεύματα έρχονται σε επαφή με νερό χαμηλής θερμοκρασίας. Το νερό των εγκαταστάσεων υδρόψυξης ψύχεται με τη βοήθεια ψυκτικού συστήματος ή πάγου. Η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή από 0 °C μέχρι +2 °C [54].

Για την εφαρμογή της υδρόψυξης χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι:

- a) Εμβάπτιση των συσκευασμένων ή μη τροφίμων μέσα σε μία δεξαμενή στην οποία υπάρχει ψυχρό νερό.
- b) Καταιωνισμός των συσκευασμένων ή μη τροφίμων με ψυχρό νερό με τη βοήθεια ειδικών εκτοξευτήρων [2].

Η υδρόψυξη δεν εφαρμόζεται πρακτικά στα αλιεύματα λόγω της απώλειας διαφόρων υδατοδιαλυτών θρεπτικών γευστικών και αρωματικών ουσιών καθώς και της μικρής χαλαρότητας των ιστών που προκαλεί [54].

Ψύξη με ψυχρό θαλασσινό νερό

Πραγματοποιείται με την τοποθέτηση των αλιευμάτων μέσα σε ψυχρό θαλασσινό νερό θερμοκρασίας -1 °C έως 0 °C. Συνήθως πραγματοποιείται πάνω στο αλιευτικό σκάφος και σε ειδικές δεξαμενές που το πάνω μέρος τους βρίσκεται στο επίπεδο του καταστρώματος [54].

Διατηρώντας μία σταθερή θερμοκρασία 0 °C στις δεξαμενές με πλήρη μόνωση και με θερμοκρασία ατμοσφαιρικού αέρα +20 °C, είναι δυνατή η διατήρηση των ψαριών σε πολύ καλή κατάσταση για 3-4 ημέρες [54]. Η διατήρηση των αλιευμάτων με θαλασσινό νερό (R.S.W ή C.S.W) εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, τα κυριότερα από τα οποία είναι:

1. Ταχεία ψύξη.
2. Δυνατότητα ψύξης των ψαριών στους -1 °C χωρίς τον κίνδυνο κατάψυξης των επιφανειακών στρωμάτων.

3. Καλό πλύσιμο και αφαίμαξη.
4. Αυξημένη συνεκτικότητα του κρέατος.
5. Μικρό κόστος εργασίας.
6. Μικρές απώλειες βάρους και μηχανικών αλλοιώσεων.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου μπορούν να αναφερθούν:

1. Η μικρή χρονική διάρκεια διατήρησης που δεν ξεπερνά τις 3-4 ημέρες.
2. Η ταχύτερη αλλοίωση των ψαριών μετά την αρχική περίοδο διατήρησης των 3-4 ημερών
3. Η απορρόφηση αισθητής ποσότητας νερού και άλατος.
4. Ορισμένα αλιεύματα συντηρούνται πιθανώς καλύτερα με πάγο [2].

Ψύξη με ψυχρή άλμη

Πραγματοποιείται με εμβάπτιση των αλιευμάτων σε μία άλμη ποκνότητας 5-15% και θερμοκρασίας-1°C. Συγκριτικά με τον πάγο η διατήρηση των αλιευμάτων με ψυχρή άλμη παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Μεγαλύτερη ταχύτητα ψύξης.
2. Θερμοκρασίες διατήρησης χαμηλότερες και σταθερότερες.
3. Μικρότερη επιμόλυνση.
4. Αύξηση του βάρους των αλιευμάτων.
5. Καλύτερη εμφάνιση, λάμψη και διατήρηση του χρώματος.
6. Μεγαλύτερη διάρκεια διατήρησης.

Στα βασικά μειονεκτήματα της ψύξης των αλιευμάτων με ψυχρή άλμη αναφέρονται:

1. Οι απαιτούμενες δαπανηρές εγκαταστάσεις.
2. Ο ταυτόχρονος αλατισμός των προϊόντων.
3. Η γρήγορη ρύπανση της άλμης [2].

Ψύξη με ψυχρό αέρα

Με τη μέθοδο αυτή τα αλιεύματα διατηρούνται μέσα σε ψυκτικούς θαλάμους που ψύχονται με τη βοήθεια ψυχρού αέρα σε θερμοκρασίες όσο το

δυνατόν πλησιέστερες προς το σημείο κρυστάλλωσης των ιστών, δηλαδή στους $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία κοντά στο 100%.

Η διατήρηση των αλιευμάτων σε ψυκτικούς θαλάμους με τη βοήθεια ψυχρού αέρα, εμφανίζει αρκετά μειονεκτήματα τα κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής:

1. Το αλιεύμα χάνει σημαντική ποσότητα υγρασίας, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ξηρό, αφυδατωμένο, με άτονα χρώματα. Η γενική εμφάνισή του έχει υποστεί σημαντική υποβάθμιση.
2. Το ρεύμα του ψυχρού αέρα που κυκλοφορεί μέσα στο θάλαμο, επιταχύνει σημαντικά την οξειδωση των λιπών των αλιευμάτων, συνθήκη η οποία πρέπει να αποφεύγεται [54].

Υπέρψυξη

Η υπέρψυξη είναι μία μεταγενέστερη μέθοδος διατήρησης των αλιευμάτων σε θερμοκρασία $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ο καθορισμός του ορίου της θερμοκρασία πρέπει να είναι πολύ αυστηρός. Στους $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, έχει ήδη κρυσταλώσει το 50% των κυτταρικών υγρών του αλιεύματος, χωρίς όμως εξωτερικά να είναι εμφανής η κατάψυξή του. Στη θερμοκρασία αυτή περιορίζεται η μικροβιακή αλλοίωση και το αλιεύμα διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η υπέρψυξη είναι δυνατόν να εκληφθεί ως βραδεία κατάψυξη με όλες τις αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα των αλιευμάτων [2].

Συντήρηση υπό κατάψυξη

Ο πιο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα των κατεψυγμένων ψαριών είναι ο ρυθμός ψύξης (αργός ή γρήγορος). Η γρήγορη κατάψυξη παράγει κατεψυγμένα ψάρια καλύτερης ποιότητας από ότι η αργή κατάψυξη, καθώς η βραδεία κατάψυξη έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μεγάλων κρυστάλλων πάγου σε σύγκριση με την ταχεία κατάψυξη, που βλάπτουν τα τοιχώματα των κοττάρων και προκαλούν μετουσίωση των πρωτεϊνών. Βέβαια η μετουσίωση εξαρτάται επίσης από τη συγκέντρωση των ενζύμων και άλλων ενώσεων που υπάρχουν. Η μετουσίωση των πρωτεϊνών οδηγεί σε θαμπή και αδιαφανή υφή και ο ιστός γίνεται μαλακός και οπογγώδης που επηρεάζει σοβαρά την ποιότητα των ψαριών [29].

Οι ενζυμικές αντιδράσεις μπορούν να συνεχιστούν ακόμη και σε θερμοκρασία - 30 °C. Η γλυκόλυση, η αποικοδόμηση νουκλεοτιδίων, και η πρωτεόλυση είναι ενζυμικές δραστηριότητες που προκαλούν εγγενείς χημικές και φυσικές μεταβολές. Αν και οι ενζυμικές δραστηριότητες είναι αργές, μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη και το μεταβολισμό των μικροβίων [29].

Η κατάψυξη των ψαριών επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων κατάψυξης. Οι πιο σημαντικές είναι ο ψεκασμός ψυχρού αέρα πάνω στα ψάρια, η τοποθέτηση ψαριών πάνω σε μεταλλική ψυχόμενη πλάκα και η βύθιση σε υγρό χαμηλής θερμοκρασίας. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων μεθόδων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6 Μέθοδοι κατάψυξης [25]

Μέθοδοι κατάψυξης	Περιγραφή μεθόδου	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ψεκασμός ψυχρού αέρα	Τα προϊόντα καταψύχονται από ψυχρό αέρα καθώς διέρχονται αργά πάνω σε κινούμενες ταινίες μέσα από σήραγγα.	Έχει τη δυνατότητα να παγώνει προϊόντα διαφορετικού σχήματος και μεγέθους.	Είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί λανθασμένα ή μη ικανοποιητικά και έχει υψηλό λειτουργικό κόστος
Κατάψυξη σε πλάκα	Το προϊόν που πρόκειται να καταψυχθεί τοποθετείται ανάμεσα σε δύο παγωμένες πλάκες	Καταναλώνει λιγότερη ενέργεια και καταλαμβάνει λιγότερο χώρο από την προηγούμενη μέθοδο.	Κακή επαφή μεταξύ των προϊόντων και των πλακών και χρησιμοποιείται ικανοποιητικά μόνο σε οριζόντιες συσκευασίες

Κατάψυξη με βύθιση	Απευθείας βύθιση του προϊόντος μέσα σε ψυχρό υγρό προϊόν	Αποτελεσματική μέθοδος	Δυσκολία εύρεσης υγρού το οποίο έχει χαμηλό σημείο τήξης που δεν θα μολώνει το τρόφιμο.
Κατάψυξη με υγρό άζωτο	Χρήση υγρού αζώτου στους -196°C για ψεκασμό των αλιευμάτων προς ψύξη	Μικρός χρόνος κατάψυξης, μικρή απώλεια βάρους του προϊόντος	Υψηλό κόστος του υγρού αζώτου και πιθανοί κίνδυνοι εμπλέκονται όταν χρησιμοποιείται υγρό άζωτο.

Η σάρκα της γαρίδας μετά το θάνατο είναι ακόμα ενεργή και βιοχημικώς ζωντανή. Η οργανική αποσύνθεση ή η αλλαγή της σύστασης της γαρίδας, μπορεί να ενεργοποιηθεί από διάφορους παράγοντες, πιο συγκεκριμένα από μικροβιολογικές και ενζυμικές δραστηριότητες. Η καλύτερη ποιότητα γαρίδας μπορεί να επιτευχθεί στις γαρίδες που καταψύχονται αμέσως μετά την αλίευση [55].

Αν και η κατάψυξη είναι μία αποτελεσματική μέθοδος διατήρησης των τροφίμων, ωστόσο κάποια αλλοίωση της ποιότητας των κατεψυγμένων τροφίμων εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η έκταση της απώλειας ποιότητας, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο ρυθμός κατάψυξης και απόψυξης, η θερμοκρασία αποθήκευσης, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, η απόψυξη κατά την αποθήκευση, τη μεταφορά και τη διάθεση στο λιανικό εμπόριο [55].

Κατά την αποθήκευση γαρίδων και άλλων οστρακοειδών υπό κατάψυξη, κυριαρχούν οι μεταβολές της ποιότητας που προκαλούνται από την οξείδωση, τη μετουσίωση των πρωτεϊνών, την εξάχνωση και την ανακρυστάλλωση των κρυστάλλων πάγου. Αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε απώλειες της γεύσης, σε ταγγισμό, αφυδάτωση, απώλεια βάρους και απώλεια νερού. Όπως και για άλλα τρόφιμα, η ταχεία κατάψυξη μετά από επεξεργασία και αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία είναι απαραίτητη για τα προϊόντα γαρίδας, προκειμένου να αποφευχθούν οι αλλαγές στην ποιότητα [55].

3.2.2 Συντήρηση αλιευμάτων με κονσερβοποίηση

Η θερμότητα ασκεί μια πραγματικά μικροβιοκτόνο δράση η αποτελεσματικότητα της οποίας εξαρτάται από το μέγεθος και τη διάρκεια της επίδρασής της. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι οποιοδήποτε τρόφιμο που προστατεύεται από εξωτερικές μολύνσεις με τη διατήρηση σε ερμητικά δοχεία και θερμαίνεται σε υγρή ατμόσφαιρα στους 120 °C για 20 min, αποστειρώνεται που σημαίνει ότι διατηρείται για πραγματικά απεριόριστο χρόνο [2].

Ως κονσέρβες χαρακτηρίζονται τα αποστειρωμένα με τη θερμότητα ή με οποιαδήποτε άλλη αναγνωρισμένη μέθοδο τρόφιμα, που έχουν παρασκευαστεί με επιμέλεια και έχουν τοποθετηθεί μέσα σε ερμητικά δοχεία [2].

Εφαρμογή της κονσερβοποίησης στις γαρίδες

Οι γαρίδες κονσερβοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στις ΗΠΑ, Καναδά, Ιαπωνία και Νορβηγία, κυρίως σε φυσική κατάσταση.

Η τεχνολογία τους περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. **Έλεγχος της πρώτης ύλης:** Ελέγχεται η νωπότητα, το μέγεθος, το είδος και γενικά η καταλληλότητά τους για κονσερβοποίηση.
2. **Πλύσιμο:** Οι γαρίδες πλένονται με άφθονο νερό για απομάκρυνση όλων των ξένων υλών.
3. **Διαλογή:** Βγαίνοντας οι γαρίδες από το πλυντήριο, προχωρούν αυτόματα στις τράπεζες διαλογής, όπου απομακρύνονται οι πολύ μικρές και ακατάλληλες για κονσερβοποίηση γαρίδες.
4. **Προβρασμό:** Οι γαρίδες προβράζονται σε ελαφρά άλμη επί 10-12 min, για να διατηρήσει το κρέας τη λεπιτή του γεύση και να διευκολυνθεί η απομάκρυνση του κελύφους.
5. **Ψύξη & Καθαρισμός:** Οι γαρίδες ψύχονται συνήθως στο περιβάλλον, αφού στραγγιστούν. Ο καθαρισμός γίνεται με αυτόματα μηχανήματα ή και με τα χέρια.
6. **Πλήρωση των δοχείων:** Συνήθως συσκευάζονται σε κυλινδρικά δοχεία, λευκοσιδηρά, εσωτερικά επικαλυμμένα με ειδικό βερνίκι για την προστασία από θείωση.
7. **Προσθήκη του υγρού πλήρωσης:** Το υγρό πλήρωσης αποτελείται από άλμη 2% και συνήθως προστίθεται μικρή ποσότητα κιτρικού οξέος για την πρόληψη του μαυρίσματος.

8. **Απαερισμός ή προθέρμανση:** Πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων. Η διαδικασία αυτή συμβάλλει στην παραγωγή προϊόντων ποιότητας, με μεγάλη διάρκεια διατήρησης.
9. **Σφράγισμα των δοχείων:** Αμέσως μετά την προθέρμανση, τα δοχεία σφραγίζονται ερμητικά με τη βοήθεια αυτόματων κλειστικών μηχανημάτων.
10. **Αποστείρωση:** Πραγματοποιείται αποστείρωση στους 116 °C και ο χρόνος εξαρτάται από το μέγεθος του δοχείου και το υγρό πλήρωσης.
11. **Ψύξη & Στέγνωμα των δοχείων:** Μετά την αποστείρωση ακολουθεί η ψύξη των δοχείων με κρύο νερό, μέσα στον αποστειρωτήρα με πίεση, μέχρις ότου η θερμοκρασία του προϊόντος στο εσωτερικό του δοχείου να φτάσει στους 35 °C. Την ψύξη ακολουθεί το στέγνωμα των δοχείων με τη βοήθεια ρεύματος θερμού αέρα.

Ετικετάρια & Εγκιβωτισμός: Κατά τη διαδικασία αυτή τοποθετείται ετικέτα με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων, και τέλος πραγματοποιείται ο εγκιβωτισμός και πάλι με αυτόματα εγκιβωτιστικά μηχανήματα.

Σφάλματα παραγωγής: Τα γνωστότερα σφάλματα της παραγωγής των κονσερβών γαρίδας είναι ο κυανο-πράσινος χρωματισμός και ο κιτρινο-καφέ χρωματισμός του κρέατος και η παρουσία δυσάρεστων οσμών [2].

3.2.3 Συντήρηση αλιευμάτων με ξήρανση

Η ξήρανση αποτελεί μία από τις παλαιότερες μεθόδους διατήρησης των αλιευμάτων, γνωστή από την αρχαιότητα ακόμη.

Βασίζεται στην απλή αφυδάτωση και συμπύκνωση των οργανικών ουσιών και αλάτων, σε βαθμό ο οποίος καθιστά αδύνατο τον πολλαπλασιασμό των μικροβίων.

Η ξήρανση σταματά την ανάπτυξη των μικροβίων, παρουσιάζει δε μικρή μικροβιοκτόνο ικανότητα.

Αυτή καθαυτή δεν μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να εξασφαλίσει τη διατήρηση των τροφίμων, γι' αυτό και συνδυάζεται με άλλες μεθόδους διατήρησης, ιδιαίτερα με το αλάτισμα και το κάπνισμα.

Η ξήρανση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, τεχνολογικά και οικονομικά. Είναι σχετικά απλή μέθοδος, απαιτεί μικρότερη χειρονακτική εργασία, τα προϊόντα καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο και η μεταφορά τους γίνεται οικονομικότερη.

Τα είδη της αποξήρανσης που εφαρμόζονται στη βιομηχανία είναι:

1. Ξήρανση με υπέρθερμο ατμό.

2. Ξήρανση με κενό.
3. Ξήρανση με απευθείας εφαρμογή της θερμότητας.
4. Ξήρανση ψεκασμό.
5. Ξήρανση με κατάψυξη ή λυοφιλίωση.

Κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου στις γαρίδες η προεργασία που πραγματοποιείται είναι το πλούσιμο, η διαλογή και ο προβρασμός σε ελαφριά άλμη (3%) επί 25 min. Στη συνέχεια αφαιρείται το κέλυφος και παραλαμβάνεται καθαρό κρέας [2].

Η ξήρανση πραγματοποιείται σε ξηραντήρια με θερμό αέρα ή με ξήρανση με κτάψυξη. Τέλος το έτοιμο προϊόν συσκευάζεται με σελλοφάν, ή χαρτί ή χαρτόνι [2].

Η φυσική ξήρανση με τη βοήθεια του ήλιου βρήκε εφαρμογή πολλούς αιώνες πριν από τους ψαράδες. Με αυτή τη μέθοδο παράγεται το κρέας γαρίδας που είναι συμπυκνωμένο, κορεσμένο με έλαιο, διαφανές, αποκτά χρώμα κεχριμπαριού, έχει χαρακτηριστική γεύση, πυκνή συνοχή και ευχάριστη γεύση. Μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι οι απώλειες των προϊόντων, η χαμηλότερη ποιότητα ψαριών, λόγω μόλυνσης από ξένα υλικά έντομα και μικροοργανισμούς καθώς και ο αποχρωματισμός από την υπερϊώδη ακτινοβολία [52].

3.2.4 Συντήρηση αλιευμάτων με κάπνισμα

Το κάπνισμα συνίσταται στην έκθεση των προϊόντων, τα οποία έχουν αλατισθεί προηγουμένως ή και όχι, στην επίδραση του καπνού που παράγεται από την ατελή καύση ορισμένων ειδών ξύλου. Κάτω από την επίδραση της θερμότητας που αναπτύσσεται, το προϊόν ξηραίνεται, ενώ ταυτόχρονα εμπλουτίζεται με διάφορα προϊόντα της ατελούς καύσης των ξύλων, τα οποία αποδίδουν χαρακτηριστικό χρώμα, οσμή και γεύση (διάφορα αέρια και πτητικά προϊόντα, όπως φορμαλδεΐδη, μυρμηκικό οξύ και προοπιονικό οξύ, ακετόνη, κρεζόλη, ξυλένιο, γουαϊακόλη, παράγωγα της πυρογαλόλης, φουρφουρόλη κλπ.). Από αυτά η φορμαλδεΐδη και οι φαινολικές ενώσεις εμφανίζουν σημαντικές αντισηπτικές ιδιότητες.

Το κάπνισμα αυτό καθαυτό παρουσιάζει περιορισμένη μικροβιοκτόνο ικανότητα η οποία όμως συμπληρώνεται από την ξήρανση που συμβαίνει ταυτόχρονα [2].

Γενικώς το κάπνισμα συνδυάζεται με άλλες μεθόδους διατήρησης, όπως το αλάτισμα και η ξήρανση, για την παρασκευή εκλεκτών και μεγάλης ικανότητας

διατήρησης προϊόντων. Η διάρκεια του καπνίσματος εξαρτάται από το είδος και τον τύπο του προϊόντος, τις εγκαταστάσεις και τις συνθήκες των καταναλωτών [2].

Η αντισηπτική ικανότητα του καπνού αυξάνει με τη πυκνότητά του, οφείλεται δε βασικά στη φορμαλδεΐδη και τις φαινολικές ενώσεις. Οι σταφυλόκοκκοι καταστρέφονται μετά από 2,5 h, τα σπόρια του άνθρακα μετά από 18 h, ο βάκιλλος της φυματίωσης μετά από 2 h κλπ. Ο καπνός δρα διττά. Ασκεί αντιοξειδωτική δράση πάνω στα λίπη των αλιευμάτων, ενώ ταυτόχρονα δρα και ως μικροβιοκτόνο ή μικροβιοστατικό. Το κάπνισμα μειώνει αισθητά τον αριθμό των αερόβιων και αναερόβιων μικροβίων, που αναπτύσσονται στους 37 °C και προκαλεί επίσης πολύ μεγάλη μείωση των αερόβιων που αναπτύσσονται στους 22 °C. Στο ελαφρό κάπνισμα επιζει μεγάλος αριθμός μικροβίων. Τα σπόρια των βακτηρίων εμφανίζουν πολύ μεγάλη αντοχή στο κάπνισμα [2].

Το χαρακτηριστικό χρώμα των καπνιστών προϊόντων οφείλεται σε ορισμένα συστατικά του καπνού, όπως φαινόλες, καρβονύλια, αρωματικές πεντοζάνες κλπ. Το χρώμα επηρεάζεται βασικά από το είδος του ξύλου, που χρησιμοποιείται για το κάπνισμα [2].

Το άρωμα δημιουργείται από ορισμένες πτητικές ενώσεις του καπνού, χαμηλού σημείου ζέσεως, υδατοδιαλυτές, που απαντούν βασικά στην αέρια φάση και παράγονται από ορισμένα είδη ξύλου [2].

Υπάρχουν τέσσερις μέθοδοι καπνίσματος:

1. Ψυχρό κάπνισμα, στο οποίο το προϊόν αρωματίζεται και χρωματίζεται, αλλά όχι μαγειρεμένο. Συνήθως χρησιμοποιείται για σολομό, σαλάμι, ζαμπόν και τυριά.
2. Το Θερμό κάπνισμα στους 25-40 °C, χρησιμοποιείται για μπέικον, φιλέτο και μερικά είδη λουκάνικων.
3. Κάπνισμα κρέατος και ιχθυρών στους 60-80 °C, που μαγειρεύει το φαγητό και η θερμότητα αρκεί για να καταστρέψει τους μολυσματικούς μικροοργανισμούς.
4. Με τη διάλυση των ενώσεων του καπνού σε νερό, ώστε να δημιουργηθεί ένας συμπυκνωμένος καπνός ή «υγρός καπνός» και τον πεκασμό ή την επικάλυψη τροφίμων [56].

Κάθε τύπος καπνίσματος είναι μία επιφανειακή επεξεργασία και οι χημικές ουσίες του καπνού διεισδύουν μερικά χιλιοστά στο προϊόν [56].

Οι πιο κοινά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι το ψυχρό και το θερμό κάπνισμα. Τρεις διεργασίες το μαγείρεμα, η ξήρανση και το κάπνισμα εμπλέκονται στο θερμό κάπνισμα, οδηγώντας έτσι σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των προϊόντων από 6-9 μήνες εφόσον αποθηκεύονται σωστά και είναι ικανές να διατηρούν υπό έλεγχο την ανάπτυξη ορισμένων βακτηρίων. Ωστόσο υπάρχουν πολλές ανησυχίες σχετικά με τον καπνό του ξύλου και τη μη δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας στον παραδοσιακό κλίβανο, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση τοξικών συστατικών όπως είναι οι φαινόλες [52].

3.2.5 Συντήρηση αλιευμάτων με αλάτισμα

Το αλάτισμα αποτελεί μία από τις παλαιότερες μεθόδους διατήρησης των αλιευμάτων, η οποία χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα ακόμη, λόγω της απλότητας και της σχετικά καλής αποτελεσματικότητάς της [2].

Βασίζεται στις αντισηπτικές ιδιότητες του άλατος, σε συγκεντρώσεις ανώτερες του 10% και στην αφυδάτωση των ιστών, που προκαλεί λόγω της υγροσκοπικότητάς του.

Το αλάτισμα παρουσιάζει μάλλον βακτηριοστατική, παρά αληθινή μικροβιοκτόνα ικανότητα.

Ισχυρές συμπυκνώσεις μπορεί να καταστρέψουν ορισμένους παθογόνους ή σαπροφυτικούς μικροοργανισμούς, ενώ τα σπόρια όπως του *Bacillus botulinum* και ορισμένοι ιοί, παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα [2].

Το ελλιπές αλάτισμα, εκτός από την ανάπτυξη των παθογόνων μικροβίων, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν διατροφικές τοξικομολύνσεις, ευνοεί και την ανάπτυξη των σαπροφυτικών μικροοργανισμών (μούχλες, μαλάκωμα των ιστών, επιφανειακή χρώση από την ανάπτυξη χρωμογόνων βακτηρίων κλπ.), συνθήκες οι οποίες ή και καταστρέφουν τελείως την εμπορική αξία των προϊόντων [2].

Εάν η συγκέντρωση του άλατος στους ιστούς είναι ανώτερη του 4%, η βακτηριακή και ενζυματική αποσύνθεση επιβραδύνεται σημαντικά. Εάν δε η συγκέντρωση φθάσει το 20%, τότε η αποσύνθεση είναι εξαιρετικά αργή, και τα προϊόντα μπορεί να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, εφόσον βέβαια δεν βρίσκονται σε υψηλές θερμοκρασίες [2].

3.2.6 Συντήρηση αλιευμάτων με μαρινάρισμα

Η μαρινάδα είναι ξύδι ή κρασί ή ένα μίγμα και των δύο, συνήθως με την προσθήκη μπαχαρικών και αλατιού. Τα αλιεύματα εμβαπτίζονται ή υγραίνονται

μέσα στη μαρινάδα πριν τη χρήση ή πριν ζυμωθούν και αποθηκευτούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα αλιεύματα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι νωπά κατεψυγμένα, βαθιά κατεψυγμένα ή αλατισμένα ολόκληρα ή σε κομμάτια. Το μαρινάρισμα κάνει το μυϊκό ιστό πιο τρυφερό χωρίς θερμική επεξεργασία. Η διατήρηση των ψαριών με ζύμωση βασίζεται στη συνδυασμένη δράση του άλατος και του ξυδιού. Οι συσκευασμένες σε ξύδι ρέγκες μέσα σε γυάλινα βάζα, ονομάζονται απλά μαριναρισμένες και είναι δημοφιλές προϊόν στη Γερμανία. Το ψάρι τουρσί μπορεί να συσκευαστεί μαζί με μερικά φυσικά εκχυλίσματα, σάλτσες, ζωμό ψαριών, κρέμες, μαγιονέζα ή σχετικά προϊόντα ή τέλος μπορεί να εμβαπτιστεί σε βρώσιμο έλαιο (αν και τα συσκευασμένα σε έλαιο ψάρια δεν ονομάζονται τουρσί). Μερικά από αυτά τα προϊόντα πιθανώς να περιέχουν χημικά συντηρητικά [7].

Τα μαριναρισμένα ψάρια συσκευάζονται σε κονσέρβες, βάζα κλπ. ή διατίθενται και χωρίς συσκευασία. Τα μαριναρισμένα ψάρια έχουν μόνο περιορισμένη διάρκεια ζωής (είναι μόνο ημιδιατηρήσιμα) και τα χημικά συντηρητικά δεν μπορούν να αποτρέψουν την τελική αλλοίωσή τους [7].

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι μαριναρίσματος:

- a) Ψυχρό μαρινάρισμα
- b) Θερμό μαρινάρισμα
- c) Μαρινάρισμα των αλιεύματων που έχουν ήδη τηγανιστεί, προσβρασθεί και προψηθεί.

Ψυχρό Μαρινάρισμα

Με τη μέθοδο αυτή τα ψάρια δεν υφίστανται καμία επίδραση της θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια του μαριναρίσματος. Εφαρμόζεται σε ελαφρά ή μέτρια αλατισμένα ή και νωπά αλιεύματα. Τα νωπά αλιεύματα εμβαπτίζονται σε άλμη πυκνότητας 8-12% σε NaCl το καλοκαίρι και 6-7% το χειμώνα, που περιέχει 5-7% ξύδι ανάλογα με την εποχή. Το χειμώνα απαιτούνται μικρότερες ποσότητες ξυδιού.

Όταν το αλάτι βρίσκεται σε μικρή ποσότητα σε σχέση με το ξύδι, το κρέας των αλιευμάτων γίνεται μαλακό και εύθρυπτο, ενώ αντίθετα υπερβολική ποσότητα άλατος καθιστά το κρέας σκληρό [2].

Θερμό μαρινάρισμα

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στο βρασμό των αλιευμάτων σε νερό ξύδι και αλάτι. Ο βρασμός αφαιρεί από τα προϊόντα ορισμένη ποσότητα νερού, τροποποιεί την

ωσμωτική ικανότητα των ιστών και καταστρέφει τα ένζυμα και τους μικροοργανισμούς. Απαιτείται μεγάλη προσοχή για να διατηρήσουν τα ψάρια το σχήμα τους και το κρέας τη συνεκτικότητά του. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται λίγο ζύδι και πολύ αλάτι. Συνήθως το υγρό περιέχει 2-3% ζύδι και 4-6% αλάτι. Τα ψάρια διατηρούνται σε ζελατίνη [2].

3.2.7 Συντήρηση με ιονίζουσες ακτινοβολίες

Η ακτινοβολία προκαλεί ορισμένες χημικές μεταβολές, οι οποίες, παρά το γεγονός ότι είναι θανατηφόρες για τα βακτήρια των τροφίμων, δεν επηρεάζουν τη θρεπτικότητα των τροφίμων, αλλά οδηγούν στην παραγωγή μικρών ποσοτήτων ραδιολυτικών προϊόντων. Η ακτινοβολία-γ θεωρήθηκε ως μία ενδιαφέρουσα μέθοδος συντήρησης για την παράταση της διάρκειας ζωής των ψαριών και τη μείωση του μικροβιακού πληθυσμού σε ψάρια και προϊόντα ψαριών. Οι δόσεις ακτινοβολίας της τάξης των 2-7 kGy μπορούν να μειώσουν σημαντικά παθογόνους μικροοργανισμούς όπως η *Salmonella*, η *Listeria* και *Vibrio spp.* όπως επίσης και πολλά σπόρια όπως *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Alteromonas*, και *Shewanella spp.* [57].

Οι βασικές ιδιότητες των ιονίζουσών ακτινοβολιών, οι οποίες εμφανίζουν ενδιαφέρον από τεχνολογική άποψη είναι οι εξής:

1. Διαπερνούν το δοχείο και τη μάζα του προϊόντος.
2. Προκαλούν αλλοιώσεις των φυσικών, χημικών, οργανοληπτικών και βιολογικών ιδιοτήτων των τροφίμων που ακτινοβολήθηκαν.
3. Είναι θανατηφόρες για όλους γενικά τους μικροοργανισμούς που απαντούν στα τρόφιμα.
4. Παράγουν αποτελέσματα ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη ποσότητα ενέργειας [2].

Επίδραση στα μικρόβια: Οι ακτινοβολίες καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στα τρόφιμα. Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από τα είδη των παρόντων μικροβίων. Οι βλαστικές μορφές είναι περισσότερο ευαίσθητες από ότι τα σπόρια. Τα σπόρια του *Clostridium botulinum* τύπου A είναι τα πλέον ανθεκτικά στην επίδραση των ακτινοβολιών [2].

Οι σαλμονέλλες καταστρέφονται με τις ακτινοβολίες. Ο αριθμός των βακτηρίων που επιζούν μετά από μια ακτινοβολία ελαττώνεται προοδευτικά με αύξηση της

αναρροφούμενης ενέργειας και το αδρανοποιημένο φορτίο από μία ορισμένη δόση είναι ανεξάρτητο από τον αρχικό αριθμό των παρόντων μικροβίων [2].

Επίδραση στα ένζυμα: Για την αδρανοποίηση των ενζύμων, τα οποία εμφανίζουν μεγάλη ευαισθησία στη θερμότητα, απαιτούνται πολύ υψηλές δόσεις ακτινοβολιών. Η χρησιμοποίηση όμως τόσο υψηλών δόσεων ακτινοβολιών δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη, γιατί οι διαπιστούμενες αλλοιώσεις είναι τόσο σοβαρές που καθιστούν τα τρόφιμα ακατάλληλα προς βρώση [2].

Επίδραση στις πρωτεΐνες: Οι πρωτεΐνες υφίστανται αλλοιώσεις με την επίδραση των ακτινοβολιών. Τα συστατικά των πρωτεϊνών, αμινοξέα και πεπτιδία διασπώνται, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων [2].

Επίδραση στις βιταμίνες: Οι βιταμίνες εμφανίζουν σχετική ευαισθησία στην επίδραση των ακτινοβολιών, η οποία είναι ανάλογη προς την ευαισθησία. Γενικά, οι βιταμίνες A, B₁, B₆, C, E και K καταστρέφονται σε μεγάλο βαθμό από τις ακτινοβολίες. Οι απώλειες εξαρτώνται από τη χρησιμοποιούμενη δόση και ποικίλλουν ανάλογα με το είδος των τροφίμων [2].

Επίδραση στη βιολογική αξία: Η βιολογική αξία των ακτινοβολουμένων τροφίμων είναι παραπλήσια με την αντίστοιχη των αποστειρωμένων με τη θερμότητα. Η φύση των αλλοιώσεων που διαπιστώνονται είναι περίπου ίδια [2].

Γενικά, η βιολογική αξία των ακτινοβολημένων προϊόντων υφίσταται μία μικρή ή μεγάλη μείωση, που εξαρτάται από τη χρησιμοποιούμενη δόση ακτινοβολίας και το είδος του τροφίμου [2].

Παραδείγματα εφαρμογής ιονιζουσών ακτινοβολιών σε γαρίδες

Οι γαρίδες του γλυκού νερού που δέχτηκαν ακτινοβολία της τάξης των 1,45-2,3 kGy μελετήθηκαν από τον Angel και τους συνεργάτες του, και παρατηρήθηκε μία μείωση του συνολικού αριθμού βακτηρίων. Η ακτινοβολία μείωσε αποτελεσματικά τα βακτήρια αλλοίωσης, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής. Επιπλέον κατά την αποθήκευση η οσμή και η γεύση, όσον αφορά τα φρέσκα καβούρια, ήταν παρόμοιες τόσο για τα επεξεργασμένα όσο και τα δείγματα μάρτυρες, ενώ δυσάρεστα αρώματα και οσμές αναπτύχθηκαν πιο γρήγορα στα δείγματα μάρτυρες. Επιπλέον η συνολική βαθμολογία αποδοχής για τα δείγματα που δέχτηκαν ακτινοβολία ήταν υψηλότερη από εκείνη των τυφλών δειγμάτων [57].

Σε μία άλλη έρευνα γαρίδες εμβολιάστηκαν επιφανειακά με *Vibrio* χολέρα, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* και *Salmonella enteritidis* και

ακτινοβολήθηκαν σε δόσεις 0-10 kGy και αποθηκεύτηκαν για 48 ημέρες. Παρατηρήθηκε μείωση των βακτηριακών πληθυσμών κατά 2 έως 3 log. Αναφέρθηκε ότι δόση των 3 kGy ήταν αρκετή για να μειώσει τα *Vibrio spp.* και *Aeromonas hydrophila* σε κατεψυγμένες γαρίδες κατά 4 log, ενώ 3,5 kGy χρειάστηκαν για να επιτευχθεί παρόμοια μείωση σε *Listeria monocytogenes* ή *Salmonella spp.* Ο Torres και οι συν. (2001b) καθόρισαν την τιμή D10 σε ουρές του είδους γαρίδας *Penaeus vannamei* (0,13 kGy). Τα καλύτερα αποτελέσματα σε ουρές γαρίδας ελήφθησαν χρησιμοποιώντας 2 kGy, που διπλασίασαν τη μικροβιολογική διάρκεια ζωής τους σε 20 ημέρες στους 0-1 °C. Οι Sinanoglou et al. (2007) καθόρισαν την επίδραση της ακτινοβολίας-γ στη μικροβιολογική ποιότητα των κατεψυγμένων μαλακίων (καλαμάρια, χταπόδι και σουπιές) και των καρκινοειδών (γαρίδες) σε διαφορετικές δόσεις. Η ακτινοβολήση των γαρίδων και των καλαμαριών είτε με 2.5 ή 4.7 kGy μείωσε τη μεσοφιλική βακτηριακή μόλυνση σε χαμηλά ή μη ανιχνεύσιμα επίπεδα [58] [59].

3.2.8 Διατήρηση αλιευμάτων με προσθήκη χημικών πρόσθετων

Η εμφάνιση σε χημικά διαλύματα για τη μείωση του βακτηριακού φορτίου θεωρείται από τη βιομηχανία ως ο ευκολότερος τρόπος επεξεργασίας των ψαριών. Η ποσότητα πρόσληψης από τα ψάρια είναι σημαντικά μικρότερη από τη συγκέντρωση του διαλύματος εμφάνισης, επειδή ο χρόνος έκθεσης σε αυτό είναι μικρός και η συγκέντρωση του διαλύματος αραιώνεται από την περιεκτικότητα των ψαριών σε νερό. Η εμφάνιση σε διάλυμα σορβικού καλίου (3% w/v) για 10-30 s βρέθηκε ότι είναι αποτελεσματική στη μείωση της ανάπτυξης του *Alteromonas putrefaciens* και της τιμής της τριμεθυλαμίνης, αν και δεν μείωσε το συνολικό αριθμό αερόβιων μικροοργανισμών. Τα φωσφορικά άλατα έχουν χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των ψαριών. Η ικανότητα των φωσφορικών να χηλιοποιούν ιόντα μετάλλων φαίνεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμικροβιακή τους δράση. Τα θετικά κατά Gram βακτήρια είναι πιο ευαίσθητα σε φωσφορικά από τα αρνητικά κατά Gram βακτηρίδια. Η κύρια επίδραση των πολυφωσφορικών είναι η μείωση της απώλειας βάρους από τα κατεψυγμένα θαλασσινά κατά την απόψυξη. Υπάρχουν στην αγορά ορισμένα εμπορικά προϊόντα που υποστηρίζεται ότι βελτιώνουν τη διάρκεια ζωής τους. Ορισμένες από τις άλλες ενώσεις που χρησιμοποιούνται, σε συνδυασμό με τα φωσφορικά άλατα, είναι το κιτρικό οξύ, το σορβικό κάλιο, το ασκορβικό οξύ και το αλάτι. Ένα άλλο μίγμα που περιέχει βενζοϊκό νάτριο και φουμαρικό οξύ, έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε ιχθυρά. Η κύρια αποτελεσματικότητα

αυτών των χημικών ουσιών είναι ότι έχουν όξινη φύση. Πολλές χώρες περιορίζουν την ποσότητα φωσφορικών αλάτων που μπορούν να προστεθούν στα θαλασσινά [60] [61] [62].

Άλλες χημικές ουσίες, όπως το οξικό νάτριο παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του προϊόντος μέσω ελέγχου του pH. Ο Kim και οι συνεργάτες του (1995) διαπίστωσαν ότι η χρήση διαλύματος οξικού νατρίου 0,75% και 1% μείωσε το αρχικό αερόβιο μικροβιακό φορτίο κατά 0,6-0,7 log και είχε ως αποτέλεσμα την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων κατά 6 ημέρες. Ο Manju et al. (2007) διαπίστωσαν ότι η εμφύσηση σε διάλυμα οξικού νατρίου 2% w/v για 30 min είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε προϊόντα συσκευασμένα υπό κενό. Η εμφύσηση σε γαλακτικό οξύ συγκέντρωσης 0,5-2,0% για 10 min έχει αποδειχτεί ότι βοηθά στην απομάκρυνση μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών και ακόμη μειώνει τα επίπεδα της *Listeria monocytogenes* και *Edwardsiella tarda* [63] [64].

Το χλώριο χρησιμοποιείται τακτικά στο περιβάλλον επεξεργασίας των ιχθυρών για τον καθαρισμό του εξοπλισμού και των επιφανειών, έχει όμως περιορισμένη αποτελεσματικότητα. Σύμφωνα με τον Sykes (1970), όταν εμφύσηζονται θαλασσινά προϊόντα σε ένα υποχλωριώδες ρυθμιστικό διάλυμα με pH 7, διαπιστώνεται η θανάτωση του *Bacillus subtilis* και *niger*. Τα διαλύματα διοξειδίου χλωρίου σε συγκεντρώσεις 7,5 και 25 mg/kg που έχουν χρησιμοποιηθεί για ψεκασμό παρουσίασαν καλύτερα αποτελέσματα στη θανάτωση των *Escherichia coli* και *L. Monocytogenes* σε σχέση με υδατικό χλώριο. Ο Kim (1999) έδειξε ότι η εμφύσηση σε διάλυμα διοξειδίου του χλωρίου συγκέντρωσης 100 και 200 mg/kg, για 5 min ήταν αποτελεσματική στη μείωση του βακτηριακού φορτίου σε μία σειρά από θαλασσινά, αλλά σε ψάρια μείωσε μόνο το αρχικό φορτίο κατά 1 log [65] [66].

Το νιτρικό κάλιο και νάτριο έχουν εξειδικευμένη χρήση σε επεξεργασμένα προϊόντα για την αναστολή των βακτηρίων όπως των *C. botulinum*, *C. perfringens*, *E. coli*, *Achromobacter*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, και *Listeria monocytogenes*. Σε ορισμένες χώρες απαιτείται η προσθήκη ερυθρορβικού νατρίου ή ισοσορβικού νατρίου σε προϊόντα που περιέχουν νιτρικά άλατα για την αναστολή του σχηματισμού νιτροζαμινών, οι οποίες είναι καρκινογόνες ενώσεις που σχηματίζονται από αντιδράσεις νιτρώδων με δευτερογενείς ή τριτοταγείς αμίνες. Αυτές οι ενώσεις όπως η τριμεθυλαμίνη αναπτύσσονται στα ψάρια και, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τον καταναλωτή [62] [67].

Οι γεννήτριες όζοντος είναι συνηθισμένες σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας ιχθυρών. Η προσθήκη ενεργού O_2 στο νερό πλύσης όχι μόνο απολυμαίνει το νερό, αλλά μπορεί επίσης να μειώσει το επιφανειακό βακτηριακό φορτίο. Ο Campos και οι συνεργάτες του (2006) διαπίστωσαν ότι ο συνδυασμός ενός συστήματος ψύξης με πάγο με όζον διπλασίασε τη διάρκεια ζωής των προϊόντων, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις το όζον επιταχύνει την οξείδωση των λιπιδίων. Το ηλεκτρολυμένο νερό είναι μία πιθανή εναλλακτική λύση σε σχέση με το οζονισμένο νερό για την επέκταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων [68].

Τα μπαχαρικά και τα βότανα περιέχουν αιθέρια έλαια που έχουν ποικίλους βαθμούς αντιμικροβιακής δραστηριότητας. Τα ισχυρότερα αντιμικροβιακά προέρχονται από το γαρύφαλλο, την κανέλα, τη ρίγανη, το θυμάρι και σε μικρότερο βαθμό το φασκόμηλο και το δεντρολίβανο. Η μελέτη των αιθερίων ελαίων ανέφερε ότι απαιτούνται επίπεδα μεταξύ 0,5 και 10 $\mu\text{g/g}$, για την επίτευξη σημαντικής μείωσης του μικροβιακού φορτίου στα ψάρια [62] [69].

Μία μέθοδος που χρησιμοποιείτο παλαιότερα για τη μείωση του αρχικού βακτηριακού φορτίου ήταν η χρήση αντιβιοτικών εμβολίων. Αυτή η πρακτική έχει πλέον απαγορευτεί στις περισσότερες χώρες λόγω του κινδύνου εμφάνισης στελεχών ανθεκτικών στα αντιβιοτικά που θα ήταν επιζήμια για την υγεία των εργαζομένων και των καταναλωτών. Τα φυσικά συντηρητικά που χρησιμοποιούν βακτηριακούς μεταβολίτες και ζώντα βακτήρια είναι ένας από τους πιο αποδεκτούς τρόπους αναστολής της μικροβιακής ανάπτυξης. Ορισμένα γαλακτικά βακτήρια (LABs) παράγουν αντιμικροβιακές πρωτεΐνες που ονομάζονται βακτηριοσίνες που αναστέλλουν την αλλοίωση και τα παθογόνα βακτήρια, χωρίς να αλλάζουν τη φυσικοχημική σύνθεση του συντηρούμενου προϊόντος. Το γαλακτικό βακτήριο *Carnobacterium piscicola* έχει βρεθεί ότι έχει δραστηριότητα έναντι του παθογόνου μικροοργανισμού *L. Monocytogenes* που υπάρχει σε ελαφρά επεξεργασμένα ψάρια. Οι Kim και Hearnberger (1994) διαπίστωσαν ότι οι καλλιέργειες γαλακτικού οξέος σε συνδυασμό με οξικό νάτριο και σορβικό κάλιο αναστέλλουν αποτελεσματικά την ανάπτυξη των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων κατά την αποθήκευση των προϊόντων σε ψυγείο [68].

Η νισίνη είναι η πιο γνωστή LAB βακτηριοσίνη που έχει χρησιμοποιηθεί σε καπνιστά και φρέσκα ιχθυρά σε συνδυασμό με MAP συσκευασία. Αυξάνει τη διάρκεια ζωής και καθυστερεί την παραγωγή τοξινών από τα στελέχη τύπου E σε

φρέσκο ψάρι συσκευασμένο σε ατμόσφαιρα CO₂, αν και η τοξίνη μπορεί μερικές φορές να ανιχνευτεί πριν γίνει εμφανής η αλλοίωση των δειγμάτων [70].

3.3 Συσκευασία

Η κατάλληλη συσκευασία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της ποιότητας και της παράδοσης ασφαλών, υγιεινών ψαριών και θαλασσιών προϊόντων στον τελικό καταναλωτή. Η συσκευασία επιτελεί τρεις κύριες λειτουργίες: τον περιορισμό των απωλειών, την προστασία του προϊόντος και την ενημέρωση του καταναλωτή. Όσον αφορά τα νωπά ψάρια και τα θαλασσινά η συσκευασία πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά, για να αντιμετωπίσει την παρουσία νερού στο δέρμα των ψαριών, μία κατάσταση που θα μπορούσε να συμβάλει στην αποδόμηση των συσκευασιών από χαρτί καθώς και στην ταχεία μικροβιακή αλλοίωση. Η συσκευασία πρέπει επίσης να επιλεγεί για την προστασία από δυσμενείς περιβαλλοντικές και ατμοσφαιρικές συνθήκες καθώς και τη διεύθυνση φυσικών και χημικών κινδύνων. Για τη διευκόλυνση της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού, η κατάλληλη επισήμανση του πακέτου είναι απαραίτητη για την ενημέρωση και την εκπαίδευση του τελικού χρήστη σχετικά με το περιεχόμενο και τη χρήση. Δεδομένης της υψηλής ευαισθησίας των ψαριών και των θαλασσιών, στο πακέτο θα πρέπει να περιλαμβάνονται μόνο τα προϊόντα που δεν έχουν υποστεί βλάβες και είναι άριστης ποιότητας. Καινοτόμες τεχνολογίες συσκευασίας που βασίζονται στο χειρισμό των χαρακτηριστικών ανταλλαγής αερίων μέσω του υλικού συσκευασίας για τον έλεγχο του δυναμικού οξειδοαναγωγής έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί για τη διατήρηση και την επέκταση της σταθερότητας αποθήκευσης των θαλασσιών προϊόντων. Η εφαρμογή της συσκευασίας κενού, ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας γύρω από το φρέσκο ψάρι βασίζεται στην προϋπόθεση ότι ορισμένα βακτήρια αλλοίωσης και η οξείδωση των λιπιδίων απαιτούν οξυγόνο-έτσι η μείωση του οξυγόνου γύρω από τα ψάρια θα αυξήσει την αποθήκευση και τη διάρκεια ζωής τους. Ανάλογα με τα είδη των ψαριών και την προβλεπόμενη τελική χρήση, η σύσταση των O₂, CO₂ και N₂ καθορίζουν το επίπεδο της ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Στην πράξη η συσκευασία κενού, η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα και η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την αποθήκευση σε ψύξη για τη διατήρηση των ιχθυρών [71].

Συσκευασία υπό κενό

Η συσκευασία υπό κενό συνήθως χρησιμοποιεί μεμβράνες με χαμηλή διαπερατότητα οξυγόνου. Η συσκευασία κενού εφαρμόζεται σε ευαίσθητα προϊόντα όπως είναι τα καπνιστά ή μαριναρισμένα θαλασσινά και τα καβούρια με μαλακό κέλυφος. Μία μαλακή μεμβράνη τοποθετείται πάνω στο προϊόν και εφαρμόζεται το κενό. Η μεμβράνη μπορεί να χυτευθεί με θέρμανση πάνω στο προϊόν. Αν η συσκευασία κενού τοποθετηθεί σε ένα MAP πακέτο, τότε η μεμβράνη πρέπει να είναι διαπερατή [68].

Η συσκευασία υπό κενό προκαλεί συμπίεση του προϊόντος η οποία ακολουθείται από απελευθέρωση υγρού. Ο Borderias (1996) θεώρησε ότι η εμφάνιση προϊόντων σε συσκευασία υπό κενό είναι ανεπαρκής. Ο Manju και οι συνεργάτες του (2007) διαπίστωσαν ότι η επιτυχία της συσκευασίας υπό κενό εξαρτάται πλήρως από την αρχική ποιότητα των ψαριών και τον κατάλληλο έλεγχο της θερμοκρασίας σε καθόλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι Statham και Bremmer (1983) βρήκαν ότι η συσκευασία κενού σε συνδυασμό με 0,1% σορβικό κάλιο είχε ως αποτέλεσμα την ελάχιστη επέκταση της διάρκειας ζωής για το γαλάζιο γκρενάδιο [68].

Συσκευασία MAP

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας περιλαμβάνει την αντικατάσταση του αέρα στη συσκευασία από ένα διαφορετικό μίγμα αερίων. Υπάρχουν βασικά δύο τρόποι για να επιτευχθεί η συσκευασία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CAP) ή συσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP). Και στις δύο περιπτώσεις, οι συσκευασίες που περιέχουν προϊόντα αυτά ξεπλένονται και γεμίζονται με άζωτο ή με μίγματα αερίων. CAP είναι το περιβάλλον του τροφίμου σε συσκευασία αδιαπέραστη από αέρια, μέσα στην οποία το αέριο περιβάλλον σε σχέση με το CO₂, το οξυγόνο O₂ και το N₂ αλλάζει και ελέγχεται καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσης, για να παρέχει τις βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης. Ενώ στην CAP η σύνθεση του αερίου διατηρείται καθόλη τη διάρκεια της αποθήκευσης, στην περίπτωση της MAP μόλις εισάγεται ένα αέριο μίγμα δεν υπάρχει περαιτέρω έλεγχος της σύνθεσης των αερίων. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι δεν υπάρχει κάποιο πλεονέκτημα που να συνδέεται με την CAP σε σύγκριση με την MAP στην περίπτωση των αλιευμάτων.

Ως συνέπεια της αλλαγής της ατμόσφαιρας των αερίων, η διάρκεια ζωής του προϊόντος αυξάνεται σημαντικά, επειδή η τροποποιημένη ατμόσφαιρα επιβραδύνει τις διεργασίες υποβάθμισης, ιδίως τις αντιδράσεις μικροβιακής αλλοίωσης. Κατά την αποθήκευση η σύνθεση των αερίων μπορεί να αλλάξει, ως συνέπεια της

διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας και των χημικών και βιολογικών δραστηριοτήτων του συσκευασμένου τροφίμου. Μία μείωση του επιπέδου του CO₂ σε συσκευασίες έχει αναφερθεί, όταν ο αστακός αποθηκεύτηκε υπό τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, λόγω της διάλυσης αερίων στον ιστό των αστακών [72].

Συστατικά του Μίγματος Αερίων

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το πιο σημαντικό αέριο που χρησιμοποιείται στη MAP των ψαριών, λόγω των βακτηριοστατικών και μυκητοστατικών ιδιοτήτων του κατά της μολυσματικής μικροχλωρίδας στα ψάρια. Αναστέλλει την ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων που προκαλούν αλλοίωση, καθώς η έκταση της αναστολής αυξάνεται με την αυξανόμενη συγκέντρωση του αερίου στη συσκευασία. Η συντηρητική δράση του CO₂ θεωρήθηκε αρχικά ότι οφείλεται στη μετατόπιση κάποιου ή του συνόλου του διαθέσιμου O₂ για το μεταβολισμό των βακτηρίων, επιβραδύνοντας έτσι την ανάπτυξή τους. Ωστόσο, ακόμη και 100% αντικατάσταση του αέρα από το N₂ δεν προσφέρει κάποιο σημαντικό πλεονέκτημα [72].

Η αναστολή της ανάπτυξης των μικροοργανισμών με CO₂ προσδιορίζεται από τη συγκέντρωση του αερίου που διαλύεται στο προϊόν. Λόγω της υψηλότερης διαλυτότητας του αερίου σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, η αποτελεσματικότητα του αερίου αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία αποθήκευσης μειώνεται [72].

Μόλις ανοίξει η συσκευασία, το προϊόν απελευθερώνει αργά το CO₂. Ωστόσο, συνεχίζει να ασκεί συντηρητική επίδραση για λίγο περισσότερο χρόνο. Δεδομένου ότι ορισμένη ποσότητα του αερίου διαλύεται στο νερό, είναι σημαντικό να διατηρηθεί υψηλότερος όγκος αερίου από αυτόν του τροφίμου, προκειμένου να αποφευχθεί η κατάρρευση της συσκευασίας. Συνήθως μία τιμή τού λόγου του αερίου προς το προϊόν μεταξύ 2 και 3 είναι ιδανική. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε 100% CO₂ για τη μαζική μεταφορά αλιευτικών προϊόντων χωρίς καμία επίδραση [72].

Άζωτο

Το άζωτο είναι ένα αδρανές άγευστο αέριο και χρησιμοποιείται κυρίως ως αέριο πλήρωσης στη MAP, λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς του στο νερό και το λίπος. Το άζωτο χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει το O₂ σε συσκευασίες, ώστε να καθυστερήσει τον οξειδωτικό ταγγισμό, να αναστείλει την ανάπτυξη αερόβιων

μικροοργανισμών και επίσης αποτελεί μία εναλλακτική λύση στη συσκευασία κενού. Παρόλα αυτά η παρουσία του O₂ στη συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, μπορεί να επηρεάσει τη μείωση του τριμεθυλαμινοξειδίου (TMAO) σε τριμεθυλαμίνη (TMA) [72].

Οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι ένα κρίσιμο συστατικό μεταφοράς μάζας με μία σειρά από οξειδωτικές αντιδράσεις που μπορεί να έχουν επίδραση στη διάρκεια ζωής πολλών συσκευασμένων τροφίμων. Μειζονες ανησυχίες προκαλούν η οξείδωση των λιπιδίων και η επακόλουθη ανάπτυξη δυσάρεστων γεύσεων, οι μεταβολές του χρώματος και των διατροφικών αλλαγών που προκαλούνται από το O₂, καθώς και το μη-ενζυμικό μαύρισμα. Η παρουσία του O₂ κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της αποθήκευσης ευνοεί την αλλοίωση, λόγω ανάπτυξης αερόβιων μικροοργανισμών, και προάγει διάφορες ενζυμο-καταλυόμενες αντιδράσεις. Από την άλλη πλευρά, η εξάντληση του O₂ μπορεί να οδηγήσει σε άλλες επιζήμιες επιπτώσεις όπως η αλλοίωση των αναερόβιων μικροοργανισμών. Η διάρκεια ζωής των συσκευασμένων προϊόντων τροφίμων ευαίσθητων σε O₂ εξαρτάται από την έκθεση σε οξυγόνο κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, την ποσότητα του O₂ που ενσωματώνεται στη σφραγισμένη συσκευασία και την ποσότητα εισόδου O₂ εντός της συσκευασίας κατά την αποθήκευση. Το O₂ στη MAP ρυθμίζεται συνήθως όσο το δυνατόν χαμηλότερα, για να εμποδίσει την ανάπτυξη αερόβιων αντιδράσεων που προκαλούν αλλοιώσεις. Ωστόσο, απαιτείται κάποια συγκέντρωση O₂ για να διατηρηθεί το κόκκινο χρώμα ορισμένων φιλέτων ψαριών, όπως είναι ο τόνος. Έχει επίσης αναγνωριστεί ότι η ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών σε λιπαρά είδη ψαριών σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες που περιέχουν O₂ δεν αποτέλεσε σημαντικό πρόβλημα [72].

Επίδραση της συσκευασίας MAP στην αλλοίωση των ψαριών

Η αλλοίωση των ψαριών που αποθηκεύονται αερόβια υπό ψύξη έχει αποδοθεί σε ορισμένους κατά Gram μικροοργανισμούς. Αυτά τα βακτήρια αναπτύσσονται με χρόνο διπλασιασμού περίπου μίας ημέρας σε ψυχρές θερμοκρασίες και μετά από 2-3 εβδομάδες φθάνουν 10⁸-10⁹ μονάδες σχηματισμού αποικιών ανά g σάρκας ή cm² δέρματος. Με βάση δοκιμές ελέγχου, μπορούν να εντοπιστούν συγκεκριμένοι οργανισμοί αλλοίωσης (SSO) σε διάφορα αλιευτικά προϊόντα. Ο αριθμός των μικροοργανισμών αλλοίωσης και η συγκέντρωση των μεταβολιτών τους μπορούν

επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αντικειμενικοί δείκτες αλλοίωσης για τον προσδιορισμό της διάρκειας ζωής [72].

Σε τρόφιμα συσκευασμένα υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα που περιέχει CO₂, το αέριο ασκεί βακτηριοστατικές και μυκητοστατικές ιδιότητες στους αερόβιους μικροοργανισμούς. Η βακτηριοστατική επίδραση του CO₂ αντανακλάται σε παρατεταμένη φάση υστέρησης και περίοδο ανάπτυξης. Ο συνδυασμός αυξημένης συγκεντρώσεως CO₂ και περιορισμένης ποσότητας O₂ παρέχει συνεργιστική επίδραση στην ανάπτυξη των *Pseudomonas* spp. και *S. putrefaciens*, με αποτέλεσμα την επέκταση της περιόδου καθυστέρησης της ανάπτυξης και την ενίσχυση της ανάπτυξης των κατά Gram θετικών μικροοργανισμών. Άλλες αλλοιώσεις προκαλούνται επίσης από τα μικροβιακά είδη συμπεριλαμβανόμενων των *Acinetobacter*, *A. putrefaciens*, *Flavobacterium*, και *Staphylococcus* spp. Συνεπώς δεν προκαλούν αλλοίωση και σχηματισμό μεταβολιτών συμπεριλαμβανομένης της ισταμίνης που είναι τυπική για τα ψάρια που αποθηκεύονται υπό ψυχρές αερόβιες ατμόσφαιρες. Τα βακτήρια που παράγουν γαλακτικό οξύ όπως οι *Streptococci* και *Lactobacilli* spp. επηρεάζονται λιγότερο από το CO₂. Επομένως, αυτοί οι οργανισμοί κυριαρχούν στα θαλασσινά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Άλλοι ανεκτικοί οργανισμοί περιλαμβάνουν τα *Photobacterium phosphoreum* και *Brochothrix thermosphacta*. Τα αποθηκευμένα υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα θαλασσινά προϊόντα από εύκρατα νερά καταστρέφονται από το *P. phosphoreum* που είναι ανθεκτικός στο CO₂, ενώ τα θετικά κατά Gram βακτήρια είναι πιθανώς οι αλλοιγόνοι παράγοντες των ψαριών από τροπικά ύδατα που αποθηκεύονται σε συσκευασία με CO₂. Σε ατμόσφαιρα CO₂, το *P. phosphoreum* έχει αναγνωριστεί ως μικροοργανισμός αλλοίωσης του μπακαλιάρου και του σολομού [72].

Ο Goncalves και οι συνεργάτες του διερεύνησαν την αποθήκευση των ροζ γαριδών, βαθέων υδάτων (*Parapenaeus longirostris*) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Δύο συστάσεις αερίων δοκιμάστηκαν (40% CO₂/30% O₂/30% N₂) και (45%CO₂/5% O₂/50% N₂), σε συνδυασμό με προκατεργασία με θειώδη βάση, σε σύγκριση με την αποθήκευση στον αέρα. Γενικώς, και οι δύο ατμόσφαιρες διατήρησαν την ποιότητα της γαρίδας έως 9 ημέρες σε σύγκριση με την αποθήκευση σε πάγο (μόνο με προκατεργασία) όπου διατηρήθηκαν για 4-7 ημέρες, αν και φαίνεται ότι η ατμόσφαιρα 45%CO₂/5% O₂/50% N₂ βρέθηκε πιο αποτελεσματική. Σε ότι αφορά τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, στο τέλος των 9 ημερών, μόνο οι γαρίδες που είχαν συσκευαστεί σε 40% CO₂/30% O₂/30% N₂ ήταν

αποδεκτές από το 70% των δοκιμασιών. Επιπλέον για κάθε ημέρα δειγματοληψίας, η γαρίδα που είχε συσκευαστεί κάτω σε 45%CO₂/5% O₂/50% N₂ είχε μεγαλύτερη αποδοχή, εκτός της 7^{ης} ημέρας, όταν οι δύο παρτίδες είχαν την ίδια αποδοχή [68].

Ενεργός συσκευασία

Η ενεργός συσκευασία έχει χαρακτηριστεί ως η συσκευασία στην οποία δευτερεύοντα συστατικά έχουν προστεθεί σκόπιμα μέσα ή πάνω στο υλικό συσκευασίας, για να βελτιώσουν την απόδοση του συστήματος της συσκευασίας. Η δέσμευση του οξυγόνου είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ενεργής συσκευασίας, όπου για παράδειγμα θήκες ή σακουλάκια εισάγονται σε μεμονωμένες συσκευασίες τροφίμων, για να επιβραδύνουν την οξείδωση και την αλλοίωση. Υπάρχουν επίσης και δεσμευτές ή εκπομπείς διοξειδίου του άνθρακα, δεσμευτές αιθυλενίου, εκπομπείς αιθανόλης και άλλοι συντηρητικοί παράγοντες, εκπομπείς και δεσμευτές υγρασίας, γεύσης ή οσμής. Η χρήση των τεχνολογιών της ενεργής συσκευασίας δεν βελτιώνει τη μικροβιακή ασφάλεια περισσότερο από ότι επιτυγχάνεται με την παραδοσιακή MAP και δεν αυξάνει τη διάρκεια ζωής των θαλασσινών περισσότερο από ότι επιτυγχάνεται με MAP και VP [68].

Ο Hansen και οι συνεργάτες του (2007) διαπίστωσαν ότι οι εκπομπείς CO₂ επιτρέπουν τη μείωση του όγκου των συσκευασιών και η παρουσία O₂ παρεμποδίζει επίσης το σχηματισμό τριμεθυλαμίνης κατά την αποθήκευση [68].

Η έννοια της έξυπνης συσκευασίας μπορεί να αξιολογήσει τη φρεσκότητα των ψαριών και των θαλασσινών σε πραγματικό χρόνο αποθήκευσης [68].

3.4 Συνδυασμός τεχνολογιών συσκευασίας με άλλες μεθόδους συντήρησης

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην έρευνα της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας τα τελευταία χρόνια ήταν να συνδυαστεί η MAP (ή μερικές φορές η VP) με άλλες διορθωτικές (θεραπείες) και μάλιστα με άλλες αντιμικροβιακές τεχνολογίες. Οι περισσότερες από αυτές τις απόπειρες έχουν οδηγήσει σε συνεργιστικές επιδράσεις στην μικροχλωρίδα, με τον συνδυασμό να έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια αποθήκευσης από οποιαδήποτε άλλη από τις απλές θεραπείες.

Θέρμανση

Ο συνδυασμός της συσκευασίας κενού με τη θέρμανση είναι μία καθιερωμένη τεχνολογία, αν και η ικανότητα της διαδικασίας για προστασία από την αλλαντίαση έχει αμφισβητηθεί. Η τεχνολογία εφαρμόστηκε πρόσφατα με επιτυχία σε ψάρια και σε μία σειρά από άλλα προϊόντα θαλασσινών. Παρόλο που η επεξεργασία υπό θερμότητα οδηγεί συνήθως σε μαγειρεμένο προϊόν, η συνδυασμένη στιγμιαία επεξεργασία των φιλέτων με συσκευασία κενού έχει διερευνηθεί, με σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής ενός ακατέργαστου προϊόντος. Αυτό όπως αποδείχτηκε αυξάνει τη διάρκεια ζωής του καστανόψαρου του Ατλαντικού από 7 σε 12 ημέρες, όταν αποθηκεύεται στους 4 °C [73].

Υπέρυψξη

Δεδομένου ότι το σημείο τήξης των θαλασσινών προϊόντων είναι περίπου -1,5 °C, η θερμοκρασία του προϊόντος μπορεί να φτάσει κάτω από τους 0 °C χωρίς να καταψυχθεί, ενώ αρκετές μελέτες, το έχουν συνδυάσει με συσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την αντίστοιχη αύξηση της διάρκειας ζωής τους [73].

Ακτινοβολία

Αν και με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται η απενεργοποίηση των μικροοργανισμών όπως αποδείχτηκε από ερευνητικές δοκιμές, η τεχνολογία αυτή δεν έχει βρει επιτυχημένη ευρεία εμπορική εφαρμογή, πιθανώς λόγω του κόστους του εξοπλισμού. Παρόλα αυτά ως μία διαδικασία παστερίωσης, χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με τη συσκευασία υπό κενό και συνεχώς παρουσιάζονται οφέλη αυτής της τεχνολογίας. Η συσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα δεν χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με ακτινοβολημένα ψάρια, παρόλο που από συγκριτικές μελέτες για τις δύο φαίνεται ότι η MAP παρουσιάζει πλεονεκτήματα έναντι της ακτινοβολίας, λόγω κυρίως των μεταβολών στο χρώμα, την οσμή και την υφή του ακτινοβολημένου λαβρακιού [73].

Ενεργός Συσκευασία

Εκτός από την υγρασία και τους δεσμευτές O₂ χρησιμοποιήθηκε και ένας δεσμευτής TMA σε συνδυασμό με τη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Ο δεσμευτής ενσωματώθηκε σε δίσκο διογκωμένου πολυστυρενίου και αύξησε τη διάρκεια ζωής των προϊόντων, καθυστερώντας την ανάπτυξη αρνητικών κατά Gram

και θειούχων βακτηρίων, καθαρίζοντας έτσι μεγάλο μέρος της ΤΜΑ και ευνοώντας την ανάπτυξη μικροβιακών στελεχών που δεν εμπλέκονται στη δημιουργία μη αναμενόμενων γεύσεων [73].

Πρόσθετα

Πολλά διαφορετικά πρόσθετα έχουν προστεθεί στα θαλασσινά, για να βελτιώσουν την ποιότητα αποθήκευσης σε συνδυασμό με συσκευασία υπό ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Τα περισσότερα από αυτά ενσωματώθηκαν για τις αντιμικροβιακές τους ιδιότητες και περιλαμβάνουν παραδοσιακά πρόσθετα είτε μόνα τους ή σε συνδυασμό μεταξύ τους. Έτσι NaCl, οργανικά οξέα (οξικό και κιτρικό οξύ), άλατα οργανικών οξέων, (κιτρικά, οξικά, διακετάτες, γαλακτικά, σορβικά, φωσφορικά, ή πυροφωσφορικά), βενζοϊκό νάτριο και EDTA είναι μερικά από αυτά. Εκτός από τις συνθετικά παραγόμενες χημικές ουσίες, μία σειρά από φυσικά συντηρητικά έχουν επίσης εφαρμοστεί σε συνδυασμό με MAP και VP, και εμφανίζουν διαφόρους βαθμούς επιτυχίας. Αυτές περιλαμβάνουν επικαλύψεις του ίδιου του ψαριού βότανα και φυτικά έλαια με ρίγανη και θυμόλη που βελτιώνουν με επιτυχία τη διάρκεια αποθήκευσης, ενώ άλλα είχαν ελάχιστη επίδραση. Εκτός από τα αντιμικροβιακά άλλα υλικά ερευνήθηκαν πρόσφατα σε συνδυασμό με MAP ή VP ως αντιοξειδωτικά για τον έλεγχο της οξείδωσης και με μαλτοδεξτρίνη ως παράγοντα ώσμωσης [73].

3.5 Εφαρμοζόμενες τεχνολογίες συντήρησης στις γαρίδες

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αξιόπιστες μέθοδοι για την επέκταση της διάρκειας ζωής των γαρίδων και την άμβλυση των κινδύνων για την υγεία των καταναλωτών [74]. Ωστόσο αυτές οι μέθοδοι έχουν ορισμένους περιορισμούς για τη διατήρηση της γαρίδας. Επιπλέον, η συνηθέστερη μέθοδος συντήρησης που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για την παράταση της διάρκειας ζωής των γαρίδων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είναι η κατάψυξη, κυρίως στη βιομηχανία γαρίδας. [75]. Εκτός αυτού στον τομέα της αλιείας, οι περισσότερες γαρίδες παγώνουν στο σκάφος μετά την αλίευσή τους και μεταποιούνται σε εργοστάσια κοντά στην αλιευτική περιοχή εντός 5-7 ημερών από τη στιγμή της αλίευσης [76]. Διάφορες μέθοδοι συντήρησης που εφαρμόζονται μέχρι σήμερα συνοψίζονται στον πίνακα.

Πίνακας 7 Μέθοδοι Συντήρησης Γαρίδων

Μέθοδοι Συντήρησης	Περιορισμοί
--------------------	-------------

Αποθήκευση σε πάγο	Κακή υφή και σχήμα, απώλεια χρώματος, υψηλή κατανάλωση ενέργειας
Τροποποιημένη αποθήκευση σε πάγο	Κακή υφή και απώλεια χρώματος
Cook-chill process	Κακή υφή και χρώμα
Υπερψύξη 0-4°C	Κακή υφή, απώλεια χρώματος, υψηλό ενεργειακό κόστος
Υγρός πάγος	Απώλεια χρώματος, υψηλό ενεργειακό κόστος
Συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε πάγο	Κακή γεύση, κόστος συσκευασίας
γ-ακτινοβολία	Υψηλό ενεργειακό κόστος, κακό σχήμα
Θεραπεία με οργανικές ενώσεις και άλατα αυτών	Μεταβολές στη γεύση, κακή υφή, απώλεια χρώματος
Συνδυασμός μαγειρέματος & ακτινοβολίας	Υψηλό ενεργειακό κόστος, κακή υφή και σχήμα

Ωστόσο, υπό συνθήκες αποθήκευσης με ψύξη, η διάρκεια ζωής των γαρίδων περιορίζεται λόγω της ενζυμικής και μικροβιολογικής αλλοίωσης. Ακόμα και κάτω από τις συνθήκες αποθήκευσης υπό κατάψυξη, η υποβάθμιση της ποιότητας των γαρίδων δεν καταστέλλεται πάντοτε εντελώς, οι αντιδράσεις που οδηγούν σε οξειδωτικές και ενζυμικές αλλαγές όπως επίσης και η αποικοδόμηση των πρωτεϊνών μπορούν ακόμα να προχωρήσουν. [33] [74] Εκτός αυτού, η κατάψυξη σε θερμοκρασία -20 °C μεταβάλλει τη φυσική δομή των τροφίμων. Επιπλέον η αποθήκευση στους -

20 °C για εβδομάδες ή μήνες είναι δυνατή, αλλά οι μικροοργανισμοί μπορούν ακόμα να αναπτυχθούν σε θύλακες νερού παγιδευμένου μέσα στην κατεψυγμένη μάζα. Για μακροπρόθεσμη αποθήκευση, θερμοκρασίες της τάξης των -80 °C, που ονομάζονται επίσης και θερμοκρασίες «ξηρού πάγου», είναι απαραίτητες. Ωστόσο, για την επίτευξη και τη διατήρηση τόσο χαμηλών θερμοκρασιών το κόστος είναι υψηλό και δεν χρησιμοποιείται για αποθήκευση σε καθημερινή βάση [35].

3.6 Μελλοντικές προοπτικές για τη διατήρηση των νωπών ψαριών και των θαλασσινών

Τα ψάρια και τα άλλα θαλάσσια προϊόντα είναι σημαντικές πηγές τροφίμων σε ολόκληρο το κόσμο και ιδιαίτερα για πάνω από 1 δισεκατομμύριο ανθρώπους ως κύρια πηγή πρωτεϊνών. Η παγκόσμια κατανάλωση ψαριών αυξάνεται σταθερά και διπλασιάστηκε από το 1973 έως σήμερα. Σύμφωνα με τις τρέχουσες εκτιμήσεις, η ζήτηση για ψάρια θα συνεχιστεί, λόγω της συνεχόμενης αύξησης του πληθυσμού και της αύξησης της αγοράς λόγω των οφελών στη διατροφή των ανθρώπων. Ωστόσο, υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες σχετικά με τις οικολογικές επιπτώσεις της βιομηχανοποιημένης αλιείας και την επακόλουθη ταχεία εξάντληση της κοινότητας των ψαριών. Αυτό το σενάριο οδήγησε την υδατοκαλλιέργεια ως τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο τομέα στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων. Παρά την αυξανόμενη ζήτηση και τη σημασία των ψαριών και των θαλασσινών για την ανθρώπινη διατροφή, οι απώλειες μετά την αλίευση παραμένουν υψηλές. Η μείωση των απωλειών και η διατήρηση της ποιότητάς τους για παραπάνω χρονικό διάστημα θα συμβάλει στη βελτίωση του εισοδήματος και της ασφάλειας των προϊόντων, χωρίς παράλληλα να υπάρχει και ανάγκη για πρόσθετα αλιεύματα για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών. Σε αντίθεση με την κατάσταση για το κόκκινο κρέας και τα πουλερικά, το γεγονός ότι η πλειοψηφία των ψαριών και των θαλασσινών αλιεύονται στους ωκεανούς και τις θάλασσες παρουσιάζει πρόσθετες τεχνικές προκλήσεις για τον επαρκή έλεγχο της υποβάθμισης της ποιότητας και τη διατήρηση των προϊόντων. Συνεπώς απαιτούνται βελτιωμένες τεχνικές και διαδικασίες συγκομιδής που μειώνουν τη χρονική υστέρηση μεταξύ της αλίευσης και της διάθεσης στη βιομηχανία, ώστε να αποφεύγονται οι αλλοιώσεις της ποιότητας πριν από το χειρισμό και την επεξεργασία. Η υψηλή προτίμηση των καταναλωτών για ψάρια σε νέα μορφή έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση για νέες επεξεργασίες και τεχνικές συντήρησης που διατηρούν τη φρεσκάδα και τη βέλτιστη ποιότητα για

μεγάλο χρονικό διάστημα. Απαιτείται επίσης συνεχής έρευνα για την ανάπτυξη φορητών, μη καταστρεπτικών συσκευών χαμηλού κόστους για την ταχεία μέτρηση της φρεσκάδας. Μία τέτοια συσκευή θα είναι χρήσιμη για την έρευνα καθώς και για τη χρήση από το προσωπικό ελέγχου ποιότητας που είναι υπεύθυνο για την επιβολή των σχετικών κανονισμών και οδηγιών για τα πρότυπα ποιότητας των ιχθυρών και το μάρκετινγκ [71].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Διασφάλιση ποιότητας ιχθυρών

4.1 Εισαγωγή

Ως ποιότητα ορίζεται η ικανότητα ενός προϊόντος να ανταποκρίνεται στο σκοπό για τον οποίο προορίζεται, αποτελεί δηλαδή το σύνολο των χαρακτηριστικών του τροφίμου, τα οποία στοχεύουν στην ικανοποίηση των αναγκών των καταναλωτών. Η ποιότητα των τροφίμων εξαρτάται από την ποιότητα των πρώτων υλών και από την τεχνολογία παραγωγής, ενώ οι συντελεστές ποιότητας είναι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, μέγεθος, σχήμα, υφή, γεύση, οσμή, άρωμα), η θρεπτική αξία, η συμφωνία με τη νομοθεσία, η συσκευασία, η διατηρησιμότητα, η ασφάλεια, η τιμή και η διαθεσιμότητα [77].

Η σημασία της ποιότητας είναι γνωστή για όλα τα προϊόντα επομένως και για τα τρόφιμα. Όλα τα επιμέρους χαρακτηριστικά ποιότητας των τροφίμων έχουν σημασία για τον καταναλωτή. Η ασφάλεια των τροφίμων αποτελεί βέβαια ένα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικό των τροφίμων. Λόγω της ιδιομορφίας των τροφίμων και της σχέση τους με την υγεία του καταναλωτή [78].

Ως ασφάλεια των τροφίμων (food safety) ορίζεται η κατάσταση των τροφίμων η οποία δεν έχει δυσμενή επίπτωση στην υγεία του καταναλωτή ή η διασφάλιση των τροφίμων έναντι διαφόρων κινδύνων (μικροβιολογικών, χημικών φυσικών). Ασφάλεια για τα τρόφιμα σημαίνει την απουσία μικροβιολογικών (παθογόνα μικρόβια), χημικών (χημικά, φυτοφάρμακα κτλ.) και φυσικών (γυαλί, μέταλλο, κ.α.) κινδύνων. Αντίστοιχα τα τρόφιμα που δεν περιέχουν κινδύνους θεωρούνται ασφαλή. Όλα τα τρόφιμα που διακινούνται στην αγορά πρέπει υποχρεωτικά από τη νομοθεσία να είναι ασφαλή [78].

Ως κίνδυνος ορίζεται κάθε βιολογικός, χημικός ή φυσικός παράγοντας στα τρόφιμα με πιθανότητα να προκαλέσει κάποια βλάβη στην υγεία των καταναλωτών. Η σοβαρότητα αυτών των κινδύνων εξαρτάται από τη φύση της μόλυνσης και μπορεί να κυμαίνεται από μία ήπια διάρροια έως θάνατος. Παρά τις εξελίξεις στην τεχνολογία τροφίμων, τα κρούσματα δηλητηρίασης σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας έχει παρατηρήσει ότι μόνο στην περιοχή της Ασίας περισσότεροι από 700.000 άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο από την κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων. Οι κυριότεροι λόγοι για αυτό είναι η αύξηση του πληθυσμού, η εκβιομηχάνιση, η ζήτηση των καταναλωτών για

«ελαφρώς μεταποιημένα» τρόφιμα, οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες και η αύξηση του διεθνούς εμπορίου τροφίμων. Οι ασθένειες που μεταδίδονται με την τροφή ορίζονται ως ασθένειες, συνήθως μολυσματικές ή τοξικές στη φύση, που προκαλούνται από παράγοντες που εισέρχονται στο σώμα μέσω της κατάποσης των τροφίμων. Οι μεταδοτικές ασθένειες είναι ένα διαδεδομένο και αυξανόμενο πρόβλημα της δημόσιας υγείας, τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των περιπτώσεων μπορεί να αποδοθεί στη μόλυνση των τροφίμων και του πόσιμου νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς. Διαφορετικά τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των θαλασσινών και άλλων προϊόντων όπως το ρύζι και τα λαχανικά έχουν εμπλακεί σε εκδηλώσεις χολέρας. Η παγκόσμια συχνότητα εμφάνισης τροφιμογενών νόσων είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Στις βιομηχανικές χώρες, το ποσοστό του πληθυσμού που πάσχει από ασθένειες που μεταδίδονται με τροφές κάθε χρόνο έχει αναφερθεί ότι είναι μέχρι 30%. Υπολογίζεται ότι 76 εκατομμύρια κρούσματα τροφιμογενών ασθενειών εμφανίζονται κάθε χρόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες και κοστίζουν μεταξύ 6,5 δισεκατομμυρίων και 34,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων στην ιατρική περίθαλψη και την απώλεια παραγωγικότητας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες φέρουν το βάρος του προβλήματος λόγω της παρουσίας ενός ευρέος φάσματος ασθενειών που μεταδίδονται με τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που προκαλούνται από παράσιτα. Η συχνότητα των διαρροϊκών ασθενειών σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες υποδηλώνει σημαντικά προβλήματα ασφάλειας των τροφίμων. Η διάρροια είναι επίσης μία σημαντική αιτία υποσιτισμού σε βρέφη και μικρά παιδιά. Έχει αναφερθεί ότι μόνο το 2005, 1,8 εκατομμύρια άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από ασθένειες που σχετίζονται με διάρροια. Αν και οι σύγχρονες εντατικές αλιευτικές πρακτικές συμβάλλουν στην αύξηση της διαθεσιμότητας των θαλασσινών προϊόντων, σε μία προσπάθεια μεγιστοποίησης της παραγωγής, πολλές φορές η υγιεινή των προϊόντων μπορεί να κινδυνεύει. Η βιομηχανική ρύπανση και η μαζική απόρριψη ακατέργαστων λυμάτων στη θάλασσα είναι επίσης παράγοντες που συμβάλλουν. Εκτός από τη χρήση αντιβιοτικών για τον έλεγχο των μικροοργανισμών σε λίμνες υδατοκαλλιέργειας και η αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των ζώων έχει εγείρει ανησυχίες. Η αναθεώρηση και η έγκριση πριν από την αγορά και η συνεχής παρακολούθηση είναι απαραίτητες για την ασφαλή χρήση των φυτοφαρμάκων, κτηνιατρικών φαρμάκων και πρόσθετων τροφίμων [79].

Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθεί η ασφάλεια των τροφίμων δηλαδή η παραγωγή ασφαλών τροφίμων στα οποία θα πρέπει να αποκλείεται η ύπαρξη κινδύνων (φυσικών, χημικών, μικροβιολογικών), είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται προγράμματα διασφάλισης ποιότητας και ασφάλειας. Στις βιομηχανίες η διασφάλιση ασφάλειας επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του ειδικού συστήματος HACCP και ουσιαστικά με την εφαρμογή των 7 αρχών του HACCP [78].

4.2 Έννοια του HACCP

Το πρόγραμμα HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) αποτελεί μία συστηματική προσέγγιση στην αναγνώριση, την εκτίμηση της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας καθώς και τον έλεγχο των μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που σχετίζονται με όλα τα στάδια της παραγωγής ενός τροφίμου, από την ανάπτυξη και τη συγκομιδή των πρώτων υλών μέχρι την τελική κατανάλωση του προϊόντος [78].

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή προσέγγιση των αναλύσεων στο τελικό προϊόν, το HACCP είναι ένα προληπτικό σύστημα διασφάλισης της ασφάλειας στα τρόφιμα, το οποίο προλαμβάνει τους κινδύνους και αναγνωρίζει τα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCPs) στα οποία μπορούν να ελεγχθούν οι πιθανοί αυτοί κίνδυνοι [78].

Το σύστημα HACCP τονίζει το ρόλο που έχει η ίδια η βιομηχανία στη συνεχή πρόγνωση και επίλυση προβλημάτων, και πως δεν πρέπει αυτή να αρκείται στις επιθεωρήσεις των εγκαταστάσεων από τις Αρμόδιες Κρατικές Υπηρεσίες για τη διαπίστωση της απώλειας ελέγχου. Τα σχέδια HACCP αντικατοπτρίζουν τη μοναδικότητα ενός τροφίμου, της μεθόδου παραγωγής και της εγκατάστασης στην οποία παράγεται. Ολοένα και περισσότερο το HACCP γίνεται αναπόσπαστο τμήμα των σχεδίων διασφάλισης της ασφάλειας των εταιρειών παραγωγής τροφίμων σε όλο τον κόσμο, επικεντρώνοντας την προσοχή στα κρίσιμα σημεία ελέγχου. Σήμερα οι βιομηχανίες πιστοποιούν και τα συστήματα HACCP (ISO 22000) όπως άλλωστε και τα συστήματα ποιότητας (ISO 9001) [78].

Η επέκταση της εφαρμογής του συστήματος HACCP σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας τροφίμων από την ανάπτυξη, τη συγκομιδή και την προκατεργασία των πρώτων υλών, τη διανομή και την αποθήκευση των προϊόντων μέχρι την αγορά και την κατανάλωση αυτών συμβάλλει τόσο στην παροχή μεγαλύτερης ασφάλειας όσο στην καλύτερη αξιοποίηση των οικονομικών πόρων της βιομηχανίας [78].

4.3 Στάδια ανάπτυξης ενός σχεδίου HACCP

Η ανάπτυξη του σχεδίου HACCP περιλαμβάνει τα ακόλουθα 12 στάδια:

1. Επιλογή της ομάδας HACCP.
2. Περιγραφή του προϊόντος .
3. Προσδιορισμός της σχεδιαζόμενης χρήσης του προϊόντος.
4. Κατασκευή του διαγράμματος ροής της παραγωγικής διαδικασίας
5. Επαλήθευση του διαγράμματος ροής.
6. Καταγραφή των κινδύνων σε όλα τα στάδια της παραγωγής και των αντίστοιχων προληπτικών μέτρων. (Αρχή 1^η).
7. Καθορισμός των κρίσιμων σημείων ελέγχου (Αρχή 2^η).
8. Καθορισμός των κρίσιμων ορίων των CCPs (Αρχή 3^η).
9. Εγκατάσταση του συστήματος παρακολούθησης των CCPs και των κρίσιμων ορίων τους (Αρχή 4^η).
10. Καθορισμός των διορθωτικών ενεργειών για τις αποκλίσεις από τα κρίσιμα όρια (Αρχή 5^η).
11. Εγκατάσταση συστήματος αρχειοθέτησης και καταγραφής του σχεδίου HACCP (Αρχή 6^η).
12. Προσδιορισμός των διαδικασιών επαλήθευσης του συστήματος HACCP (Αρχή 7^η) [78].

4.4 Εισαγωγή-Ανάλυση κινδύνων επεξεργασίας ιχθυρών

Τα ψάρια και τα θαλασσινά (οστρακοειδή, μαλάκια) κατατάσσονται από κοινού σε μία γενική κατηγορία τροφίμων (ιχθυρά) διότι έχουν παρόμοιες πρακτικές επεξεργασίας, μικροβιολογικές ιδιότητες και προετοιμασία μαγειρέματος πριν την κατανάλωσή τους. Ωστόσο το επίπεδο της επικινδυνότητας που εμφανίζουν για την ασφάλεια των καταναλωτών δεν είναι το ίδιο και για το λόγο διακρίνονται σε κατηγορίες, π.χ. τα μαλάκια, τα οποία καταναλώνονται ωμά χωρίς μαγείρεμα, και ανήκουν στην κατηγορία υψηλής επικινδυνότητας, ενώ τα φρέσκα και κατεψυγμένα ψάρια, τα οποία κατά κανόνα μαγειρεύονται πριν την κατανάλωσή τους, και ανήκουν στην κατηγορία χαμηλής επικινδυνότητας.

Στη συνέχεια περιγράφεται ένα γενικό σχέδιο HACCP για την παραγωγική επεξεργασία φρέσκων και κατεψυγμένων ιχθυρών.

Τα ιχθυρά αλιεύονται και επεξεργάζονται συνήθως χωρίς χρήση πρόσθετων ουσιών ή χημικών συντηρητικών και τελικά διανέμονται υπό συνθήκες ψύξης και κατάψυξης που αποτελούν και τους μοναδικούς τρόπους συντήρησής τους.

4.4.1 Βιολογικοί κίνδυνοι

Ο μυς των ψαριών είναι στείρος αμέσως μετά την αλίευση. Ωστόσο, η μόλυνση τόσο με παθογόνους όσο και μη παθογόνους μικροοργανισμούς μπορεί να λάβει χώρα από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των υδάτων, των μονάδων επεξεργασίας, του εξοπλισμού επεξεργασίας και των ανθρώπινων χειρισμών. Τη μόλυνση, η ανάπτυξη και η επιβίωση αυτών των οργανισμών εξαρτώνται από την κατάσταση των θρεπτικών συστατικών των τροφίμων, τις φυσιολογικές ιδιότητες και τους εξωγενείς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το ατμοσφαιρικό περιβάλλον και τους παράγοντες επεξεργασίας. Τα ψάρια του κρύου νερού περιέχουν γενικά αφθονία αρνητικών κατά gram οργανισμών, ενώ οι μεσοφιλικί θετικοί κατά Gram μικροοργανισμοί κυριαρχούν σε ψάρια των τροπικών υδάτων. Οι περισσότεροι από τους οργανισμούς ανήκουν στα Gram-αρνητικά γένη συμπεριλαμβανομένων των *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Vibrio*, *Flavobacterium* και *Cytophaga* spp. Τα θετικά κατά Gram ανήκουν στα γένη *Micrococcus* και *Bacillus*. Κατά την αποθήκευση σε πάγο, ψυχοτρόποι Gram-αρνητικοί μικροοργανισμοί συμπεριλαμβανομένων των *Pseudomonas* και *Alteromonas* spp. κυριαρχούν, είναι ιδιαίτερα πρωτεολυτικά και εμπλέκονται στην αλλοίωση των αλιευτικών προϊόντων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης με απλή ψύξη [79].

Βακτήρια

Τα ιχθυρά μπορούν να μολυνθούν από ένα μεγάλο αριθμό παθογόνων βακτηρίων (*Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio cholera* κλπ) τα οποία είτε βρίσκονται στο περιβάλλον της θάλασσας, είτε μεταφέρονται από τα ζώα, είτε τέλος από τον άνθρωπο πριν ή και κατά τη διάρκεια της παραγωγικής επεξεργασίας τους [80].

Όσον αφορά τους παθογόνους μικροοργανισμούς που προέρχονται από το θαλάσσιο περιβάλλον συνήθως αποτελούν βιολογικό κίνδυνο μόνο όταν το μικροβιακό φορτίο τους ξεπερνάει κάποια συγκεκριμένα όρια, ώστε να προκαλέσει λοίμωξη (*Vibrio*). Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις η παθογένεια σχετίζεται με την

παραγωγή τοξίνης που μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην υγεία των καταναλωτών, ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (*clostridium botulinum*). Οι λοιμώξεις που προκαλούνται από αυτούς τους μικροοργανισμούς μπορεί να είναι υψηλής σοβαρότητας (αλλαντίαση, χολέρα) ή χαμηλής (μόλυνση από *Aeromonas*), αλλά η επικινδυνότητα δηλαδή η πιθανότητα εμφάνισης της λοίμωξης είναι γενικά χαμηλή [81].

Τα παθογόνα βακτήρια που μεταφέρονται από τον άνθρωπο ή τα ζώα, μολύνουν τα ιχθυρά είτε μέσω της περιοχής αλιείας τους, είτε μέσω των ανθρώπινων χειρισμών [80]. Για παράδειγμα, υπάρχει κίνδυνος εάν ήδη μολυσμένα τρόφιμα μολύνουν τους χώρους επεξεργασίας των ιχθυρών (κουζίνα, πάγκοι επεξεργασίας τροφίμων), να μεταφέρουν τους παθογόνους μικροοργανισμούς σε ιχθυρά τα οποία δεν απαιτούν μαγείρεμα. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση που οι χειριστές τροφίμων είναι φορείς παθογόνων μικροοργανισμών (π.χ. σαλμονέλλα), οπότε μολύνουν τα τρόφιμα κατά τη μεταχείρισή τους. Τα νοσήματα που προκαλούν τα βακτήρια αυτής της κατηγορίας είναι σοβαρά, αλλά αν δεν πολλαπλασιαστούν στο τρόφιμο, είναι βιολογικοί κίνδυνοι χαμηλής επικινδυνότητας [82].

Τα παθογόνα μικροβιακά στελέχη απαιτούν θερμοκρασίες πάνω από τους 5 °C για να αναπτυχθούν, ενώ συναγωνίζονται με τους μικροοργανισμούς αλλοίωσης οι οποίοι πολλαπλασιάζονται σε πιο γρήγορους ρυθμούς, όταν βρεθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι είναι πιθανό τα ψάρια να υποστούν αλλοίωση πριν από την παραγωγή τοξινών ή τον ταχύ πολλαπλασιασμό των παθογόνων μικροοργανισμών. Εάν τα προϊόντα μαγειρεύονται πριν τη κατανάλωση, τότε η επικινδυνότητα μηδενίζεται τελείως, αφού τα βακτήρια και οι τοξίνες αυτών είναι θερμοευαίσθητα [82].

Η μόλυνση από μικροοργανισμούς αλλοίωσης μειώνει τον αναμενόμενο χρόνο ζωής των ιχθυρών, γεγονός που προκαλεί σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις. Παρόλα αυτά δεν υφίσταται κίνδυνος για την υγεία των καταναλωτών και κατά συνέπεια η σοβαρότητα είναι πολύ χαμηλή [81].

Παράσιτα

Ψάρια που αλιεύονται σε συγκεκριμένες περιοχές μπορεί να μολυνθούν από παράσιτα τα οποία είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία (*Diphylobothrium latum*, *Opisthorchis felinus*, *Gnathostoma spinigerum*, *Capillaria philippinensis*, *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova* κλπ.). Η ασθένεια που μπορεί να προκληθεί είναι

συνήθως χαμηλής σοβαρότητας, ενώ και η επικινδυνότητα μηδενίζεται εάν τα ψάρια μαγειρεύονται πριν από την κατανάλωση. Αυξημένη επικινδυνότητα υφίσταται, μόνο εάν τα ψάρια καταναλώνονται ωμά. Επιπλέον όταν τα ψάρια καταψύχονται η επικινδυνότητα μηδενίζεται, αφού όλα τα παράσιτα καταστρέφονται σε θερμοκρασία κάτω των $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ για καθορισμένο χρονικό διάστημα ($>60\text{ h}$) [82].

Ιοί

Τα ψάρια, τα οστρακοειδή και τα μαλάκια μπορούν επίσης να μολυνθούν από παθογόνους ιούς. Γενικά οι ιοί αποτελούν ενδοκυτταρικά παράσιτα που δεν έχουν τη δυνατότητα πολλαπλασιασμού έξω από το κύτταρο του ξενιστή τους. Η μόλυνση των ιχθυρών προκαλείται από την επαφή τους με προσβεβλημένα άτομα, από ζώα ή από μη επεξεργασμένα απόβλητα. Τα νωπά μαλάκια ενοχοποιούνται κυρίως για τις περισσότερες ιογενείς γαστρεντερίτιδες που προκαλούνται από τους ιούς Norwalk, Norwalk like και Hepatitis A. Οι ιοί δεν αποτελούν βιολογικούς κινδύνους για τα ψάρια, όταν αυτά είναι ζωντανά, γιατί δεν έχουν τη δυνατότητα να πολλαπλασιαστούν. Στα επεξεργασμένα ιχθυρά οι ιοί καταστρέφονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας [81].

4.4.2 Χημικοί Κίνδυνοι

Οι κυριότεροι χημικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τα ιχθυρά είναι αντιβιοτικά και αυξητικοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοκαλλιέργειες, χημικά υλικά καθαριότητας, μυκοτοξίνες, χημικά πρόσθετα των τροφίμων, βαρέα μέταλλα, ιχθυοτοξίνες όπως π.χ. η ισταμίνη σε σκρομβοειδή, τοξίνες οστρακόδερμων και άλλες τοξίνες (tetrodotoxin, palytoxin κλπ. [81].

Η παρουσία βιοτοξινών στα ψάρια εξαρτάται από το είδος του ψαριού την τοποθεσία αλιείας και την εποχή. Οι τοξίνες αυτές είναι θερμικά σταθερές και η επικινδυνότητα της δηλητηρίασης κατά την κατανάλωση είναι υψηλή [82]. Επιδημιολογικές πληροφορίες αποδεικνύουν ότι τα ψάρια τα οποία έχουν καταναλωθεί αμέσως μετά το μαγείρεμα έχουν οδηγήσει σε αρκετά κρούσματα τροφικών δηλητηριάσεων οι οποίες σχετίζονται συχνά με την παρουσία θερμοάντοχων τοξινών (π.χ. ισταμίνης). Εάν αναπτυχθεί ισταμίνη στο ιχθυρό, η μετέπειτα θερμική επεξεργασία δεν μπορεί να την καταστρέψει και για το λόγο αυτό η επικινδυνότητα της δηλητηρίασης με ισταμίνη στην περίπτωση που τα ψάρια έχουν υποστεί κακή θερμοκρασιακή μεταχείριση ($\theta > 5^{\circ}\text{C}$) είναι πολύ υψηλή [81].

Γενικά η σοβαρότητα της ασθένειας που προκαλείται από τοξίνες εξαρτάται από τον τύπο της τοξίνης [80].

4.4.3 Φυσικοί κίνδυνοι

Οι κυριότεροι φυσικοί κίνδυνοι που έχουν παρατηρηθεί σε ιχθυρά είναι τεμαχίδια γυαλιών, μετάλλων, ξύλων, νεκρά έντομα, πλαστικά υλικά συσκευασίας κλπ. [83].

4.5 Προσδιορισμός των CCPs-κρίσιμα όρια-διαδικασίες παρακολούθησης

Για τον έλεγχο της μόλυνσης των ιχθυρών κατά τη διάρκεια της ζωής τους από βακτήρια που προέρχονται από τον άνθρωπο ή τα ζώα εφαρμόζεται κυρίως παρακολούθηση των αλιευτικών περιοχών και περιοδικός έλεγχος των ψαριών. Η μόλυνση των ιχθυρών από βακτήρια τα οποία βρίσκονται στο θαλάσσιο περιβάλλον δεν μπορεί και δεν χρειάζεται να ελέγχεται, αφού αυτά συνήθως αποτελούν κίνδυνο χαμηλής ή μηδενικής επικινδυνότητας. Εξίσου σημαντική είναι και η παρακολούθηση των αλιευτικών περιοχών για παρουσία παρασίτων και βιοτοξινών (τοξικά ψάρια και τοξικό πλανγκτόν) [82].

Στις περισσότερες χώρες η παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος για πιθανή μόλυνση ή η παρουσία βιοτοξινών στα ψάρια είναι αρμοδιότητα της κυβέρνησης και πραγματοποιείται από ειδικευμένα εργαστήρια. Ωστόσο, ακόμα και με την καλύτερη δυνατή παρακολούθηση του περιβάλλοντος και τη συχνή διεξαγωγή κρατικών ελέγχων είναι δυνατόν να φτάσουν ψάρια στους καταναλωτές με υψηλά επίπεδα τοξικών ουσιών. Κατά συνέπεια για τον συγκεκριμένο κίνδυνο ο έλεγχος που εφαρμόζεται αποτελεί μόνο ένα CCP-2 [82].

Κατά την παραλαβή των ακατέργαστων πρώτων υλών από μία επιχείρηση επεξεργασίας ιχθυρών συνιστάται η παρακολούθησή τους με οργανοληπτική εκτίμηση (έλεγχος εμφάνισης, οσμής, επιφανειακών αλλοιώσεων κλπ.), προκειμένου να διασφαλίζεται ότι δεν θα εισέλθουν αλλοιωμένα ψάρια, οστρακοειδή ή μαλάκια στο χώρο της επιχείρησης. [81].

Η εφαρμογή των απαιτήσεων των ορθών βιομηχανικών πρακτικών καθώς και οι συνθήκες υγιεινής της επιχείρησης αποτελούν CCP-2 το οποίο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της επιμόλυνσης των ιχθυρών από βακτήρια τα οποία μεταφέρονται από τον άνθρωπο ή τα ζώα. Αυτό το CCP μπορεί να παρακολουθείται καθημερινά με οπτικές επιθεωρήσεις, ενώ συχνά μπορούν να πραγματοποιούνται αναλύσεις για τον έλεγχο της καθαριότητας των μηχανημάτων. Επιπλέον, η παρακολούθηση της

ποιότητας του νερού μπορεί να γίνει με συχνές μικροβιολογικές αναλύσεις ή με έλεγχο της συγκέντρωσης χλωρίου σε αυτό. Όλες οι μετρήσεις πρέπει να καταγράφονται και να αποθηκεύονται σε κατάλληλα αρχεία [81].

Η ανάπτυξη των παθογόνων βακτηριών κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας μπορεί να ελεγχθεί με αυστηρή παρακολούθηση της θερμοκρασίας. Η παρακολούθηση του κρίσιμου ορίου της $\theta < 3^{\circ}\text{C}$ αποτελεί ένα CCP-1 για όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς και την παραγωγή ισταμίνης. Ωστόσο, αποτελεί CCP-2 ο έλεγχος για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που παρατηρείται σε όλα τα στάδια παραγωγής, από την αλεία των ιχθυρών μέχρι τη διανομή του τελικού προϊόντος. Η παρακολούθηση των παραμέτρων θερμοκρασίας/χρόνου κατά την παραγωγική επεξεργασία μπορεί να γίνει με καταγραφή των ημερομηνιών στα κιβώτια και την οπτική επιθεώρηση των συνθηκών ψύξης (ύπαρξης ή μη πάγου). Σε συγκεκριμένα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας οι μετρήσεις θερμοκρασίας/χρόνου πρέπει να γίνονται αυτόματα. Όλοι οι θάλαμοι ψύξης πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με θερμόμετρα και να γίνονται καθημερινά οπτικές επιθεωρήσεις αυτών [82].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ανάπτυξη του σχεδίου HACCP για τη γενική κατηγορία των ιχθυρών.

Πίνακας 8 Ανάλυση κινδύνων για τα φρέσκα και τα κατεψυγμένα ιχθυρά [77]

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΙΧΘΥΡΑ				
ΚΙΝΔΥΝΟΙ	ΜΟΛΥΝΣΗ	ΑΝΑΠΤΥΞΗ	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ	ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
Παθογόνα Βακτήρια				
1.Φυσιολογικά ευρισκόμενα σε θαλάσσιο περιβάλλον	-	+	Υψηλή/χαμηλή	Χαμηλή/Μηδενική**

2. Μεταφερόμενα από άνθρωπο ή ζώα	(+)*	+	Υψηλή	Χαμηλή
Βακτήρια αλλοίωσης	+	+	Χαμηλή	Υψηλή
Παράσιτα	+	-	Χαμηλή	Χαμηλή/μηδενική
Βιοτοξίνες	+	-	Υψηλή	Υψηλή/μηδενική***
Ιοί	+	-	Υψηλή	Χαμηλή/μηδενική***
*ανάλογα με την περιοχή αλιείας				
** με την προϋπόθεση ότι το ψάρι έχει μαγειρευτεί πριν την κατανάλωσή του				
*** ανάλογα με την περιοχή αλιείας και την εποχή				

4.6 Παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος HACCP σε γαρίδες

Σε αντίθεση με τους κινδύνους που συνδέονται με τα προϊόντα γαρίδας που αλιεύονται ελεύθερα, η εντατική κτηνοτροφία σε συστήματα υδατοκαλλιέργειας μπορεί να δημιουργήσει νέους κινδύνους που παραδοσιακά δεν θα εμφανίζονταν. Σε παγκόσμια κλίμακα αν και η γαρίδα αντιπροσωπεύει μία από τις ασφαλέστερες μορφές πρωτεΐνης για κατανάλωση, εξακολουθεί να προκαλεί μεγάλη ανησυχία το γεγονός ότι όλα τα καρκινοειδή έχουν την τάση της γρήγορης αλλοίωσης μετά τη συγκομιδή [84].

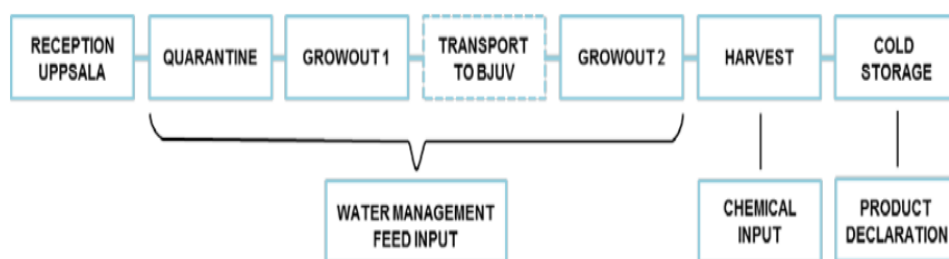
Οι γαρίδες έχουν ουδέτερο pH και υψηλή ενεργότητα νερού που τις καθιστά εξαιρετικά ευαλλοιώτες. Η χημική σύνθεση της την καθιστά εξαιρετικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροβίων. Η ενδογενής μικροχλωρίδα και το εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να είναι πηγές μόλυνσης. Μόλις η γαρίδα μολυνθεί από μικρόβια τότε αναπτύσσονται πολύ γρήγορα σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο τρόφιμο. Η παραγωγή των γαρίδων σε μία ιχθυοκαλλιέργεια επιτυγχάνεται αρχικά με τη δημιουργία του κατάλληλου περιβάλλοντος για την ανάπτυξή τους και την κατάλληλη επεξεργασία τους [84].

1. Δημιουργία περιβάλλοντος

Το πόσιμο νερό μετατρέπεται σε «τεχνητό» θαλάσσιο υδάτινο περιβάλλον με την προσθήκη συγκεκριμένων συστατικών (που επιλέγονται για να μοιάζουν με τη φυσική χλωρίδα του θαλασσινού νερού). Τα ζωντανά συστατικά, δηλαδή τα βακτήρια και τα άλγη αγοράζονται από αξιόπιστες πηγές. Η πιθανότητα εμφάνισης ανθρώπινων παθογόνων είναι αρκετά χαμηλή. Τα ανόργανα συστατικά π.χ. το αλάτι και τα χημικά που αγοράζονται για τη διατήρηση της ποιότητας του νερού αγοράζονται επίσης από αξιόπιστες πηγές [84].

2. Λειτουργικό Διάγραμμα Ροής

Όλα τα βήματα που εμπλέκονται στην παραγωγή, από την παραλαβή των γαριδών σε ψυκτικές αποθήκες μετά την αλίευση, μελετώνται διαδοχικά στην ανάλυση κινδύνων και παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα ροής.



Εικόνα 1 Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας

Διαχείριση της ποιότητας του νερού

Οι διαδικασίες διαχείρισης της ποιότητας του νερού (WQM) αποτελούν σημαντικό μέρος της γραμμής παραγωγής, με στόχο όχι μόνο της διατήρησης μίας σταθερής καλλιέργειας, αλλά και την αποφυγή εισαγωγής παθογόνων μικροοργανισμών ανθρώπινης προέλευσης στο σύστημα. Το νερό των δεξαμενών παρακολουθείται μία φορά την εβδομάδα περίπου για μία σειρά παθογόνων μικροοργανισμών. Κατά τη διάρκεια της φάσης της ανάπτυξης, λαμβάνονται επίσης δείγματα γαρίδας και όταν τα αποτελέσματα υποδεικνύουν την παρουσία ανεπιθύμητων μικροοργανισμών ενεργοποιείται ένα σύστημα προειδοποίησης για τη συγκεκριμένη μολυσμένη δεξαμενή και λαμβάνονται μέτρα ελέγχου από το προσωπικό. Όσο λιγότερες ενέργειες απαιτούνται τόσο μικρότερη ευαισθησία παρουσιάζει σε ασθένειες ή άλλους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του προϊόντος [84].

Παραλαβή

Οι γαρίδες αγοράζονται και παραλαμβάνονται με πιστοποιητικό προέλευσης και υγείας, με το οποίο επιβεβαιώνει ότι οι γαρίδες ελέγχονται ως προς την παρουσία κάποιων σημαντικών ιών συμπεριλαμβανομένων των ιών της κίτρινης κεφαλής και του λευκού στίγματος. Οι γαρίδες εξετάζονται από κτηνίατρο για την ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη μεταφορά τους, ενώ κατά την παραλαβή ελέγχονται και υπογράφονται τα πιστοποιητικά ποιότητας από το διευθυντή της εγκατάστασης [84].

Καραντίνα

Μετά την παραλαβή, οι γαρίδες μεταφέρονται σε λεκάνες καραντίνας. Η φάση αυτή διαρκεί περίπου μία εβδομάδα και απαιτεί συνεχείς κτηνιατρικές εξετάσεις και επίβλεψη σχεδόν συνεχώς, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι η γαρίδα εγκλιματίζεται στο νέο της περιβάλλον [84].

Εισαγωγή της τροφής

Κατά τη διάρκεια των φάσεων της απομόνωσης και της ανάπτυξης, οι γαρίδες τρέφονται με ιχθυοτροφές και το βιοφλόκ με μελάσες πλούσιες σε άνθρακα, οι οποίες παρέχονται από αξιόπιστους προμηθευτές που συμμορφώνονται στον ευρωπαϊκό νόμο για την ασφάλεια των τροφίμων. Οι ζωοτροφές αποθηκεύονται σε δροσερό και ξηρό χώρο [84].

Ανάπτυξη-1, Μεταφορά και Ανάπτυξη-2

Μετά τη φάση της απομόνωσης οι γαρίδες μεταφέρονται στις δεξαμενές ανάπτυξης όπου φυλάσσονται για περίπου 5 εβδομάδες, όπου τρέφονται με γαρίδες και έχει μεγάλη σημασία η παρακολούθηση της υγιεινής του περιβάλλοντος. Μετά μεταφέρονται σε μία άλλη εγκατάσταση όπου συνεχίζουν να αναπτύσσονται για ακόμη έξι εβδομάδες μέχρι να φτάσουν στην ενηλικίωση. Κατά τη μεταφορά ελαχιστοποιείται ελαφρά η θερμοκρασία, μειώνοντας έτσι τη μεταβολική δραστηριότητα. Οι διαδικασίες GHP αποτρέπουν τον κίνδυνο μόλυνσης από παθογόνους μικροοργανισμούς [84].

Αλίευση

Κατά την αλίευση, η δεξαμενή αποστραγγίζεται και οι γαρίδες μεταφέρονται σε μία καθαρή δεξαμενή συγκομιδής. Οι γαρίδες στη συνέχεια διαχωρίζονται από τα άλγη και μεταφέρονται σε μεταφορικό μάντα σε κινητή λεκάνη με αλατισμένο καθαρό νερό στους 0 °C και μεταδιθειώδες νάτριο. Ακολουθεί η καλή έκπλυση και το κρύο νερό θανατώνει τις γαρίδες και μεταφέρονται σε κιβώτια αποθήκευσης. Τα

κουτιά πρέπει να μεταφερθούν σε μία ψυκτική αποθήκη εντός 10 min, ώστε να μην αναπτυχθούν βακτήρια αλλοίωσης [84].

Διατήρηση υπό ψύξη

Τα κουτιά αποθήκευσης, αποθηκεύονται σε ψυγεία θερμοκρασίας 2 °C μέχρι την επόμενη διεργασία το πολύ για 24 h [84].

Επισημανση προϊόντος

Στα προϊόντα τοποθετούνται ετικέτες που δηλώνουν τα συστατικά και τις οδηγίες μαγειρέματος του προϊόντος [84].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ανάλυση κινδύνων κατά την παραγωγική διαδικασία γαριδών.

Πίνακας Ανάλυση κινδύνων κατά την παραγωγή γαριδών σε ιχθυοκαλλιέργεια [84].

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ					
Διαδικασία	Πιθανοί κίνδυνοι	Είναι σημαντικός ο κίνδυνος;	Αιτιολόγηση	Μέτρα ελέγχου	CCP
Δημιουργία περιβάλλοντος	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Οι ανόργανες ουσίες, τα άλατα μπορεί να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς	Παραλαβή προϊόντων από εγκεκριμένους προμηθευτές, πιστοποιητικά εγκυρότητας, μικροβιολογικοί έλεγχοι ανά τακτά χρονικά διαστήματα	Όχι

Διαχείριση ποιότητας νερού (Απομόνωση +Ανάπτυξη)	Βιολογικός κίνδυνος: Το νερό ή τα συστατικά του νερού μπορεί να περιέχουν ανιχνεύσιμους παθογόνους μικροοργανισμούς'	Όχι	Το νερό ελέγχεται από το δήμο, Τα συστατικά που προστίθενται για τη διατήρησ της ποιότητας του νερού μπορεί να περιέχουν παθογόνα βακτήρια	Έλεγχος με τα GMPs και GHPs, Παραλαβή χημικών από εγκεκριμένους προμηθευτές	Όχι
Διαδικασίες πριν από την αλίευση					
Παραλαβή γαρίδων	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Οι γαρίδες μπορεί να έχουν μολυνθεί από παθογόνους μικροοργανισμούς	Έλεγχος με οργανοληπτική αξιολόγηση	Όχι
Τάισμα (Απομόνωση + Ανάπτυξη)	Βιολογικός: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών από τα στοιχεία του περιβάλλοντος, από τις γαρίδες και από την τροφή	Ναι	Η τροφή ή οι γαρίδες μπορεί να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς	Έλεγχος μέσω της διαδικασίας διατήρησης ποιότητας του νερού και παραλαβή των τροφών από εγκεκριμένους προμηθευτές	Όχι

Απομόνωση	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Οι γαρίδες μπορεί να έχουν μολυνθεί από παθογόνους μικροοργανισμούς	Έλεγχος μέσω της διαδικασίας διατήρησης ποιότητας νερού και των διορθωτικών ενεργειών από το εκπαιδευμένο προσωπικό	Όχι
Ανάπτυξη 1 & Ανάπτυξη 2	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Οι γαρίδες ή το νερό μπορεί να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς	Έλεγχος μέσω της διαδικασίας διατήρησης ποιότητας νερού	Όχι
Αλίευση					
Μεταφορά στη δεξαμενή αλίευσης	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Παθογόνα βακτήρια μπορεί να οφείλονται στη μη σωστή εφαρμογή των GHPs	Έλεγχος μέσω των διεργασιών GMPs και GHPs	Όχι
	Φυσικός κίνδυνος: Παρουσία ξένων σωμάτων	Όχι			
Μεταφορά σε δεξαμενή για τη θανάτωση	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Παθογόνα βακτήρια μπορεί να οφείλονται στη μη σωστή εφαρμογή των GHPs	Έλεγχος μέσω των GMPs και GHPs	Όχι

	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Όχι	Χαμηλές θερμοκρασίες στη δεξαμενή		
Θανάτωση υπό ψύξη σε αλατισμένο νερό θερμοκρασίας 0°C	Χημικός κίνδυνος-Υπολείμματα μεταδιθειώδους νατρίου	Ναι	Τα υπολείμματα θείου είναι επικίνδυνο να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις	Πολύ καλό πλούσιμο του προϊόντος	Όχι
Διαδικασίες μετά την αλίευση					
Αποθήκευση σε κουτιά	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Η καθυστέρηση κατά τη διαδικασία της συσκευασίας μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας και συνεπώς στην ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών	Μεταφορά των συσκευασιών στα ψυγεία εντός 10 min από τη στιγμή που η πρώτη γαρίδα μεταφέρθηκε στο κουτί	Ναι

Αποθήκευση υπό ψύξη στους 2 °C	Βιολογικός κίνδυνος: Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών	Ναι	Η μη διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών	Οπτική επιθεώρηση των θερμομέτρων στα ψυγεία	Όχι
Δήλωση του προϊόντος	Χημικός κίνδυνος- Υπολείμματα Θείου	Ναι	Τα υπολείμματα θείου είναι επικίνδυνο να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις	Σωστή αναγραφή των συστατικών του προϊόντος	Όχι

Στους επόμενους πίνακες συνοψίζονται τα κρίσιμα σημεία ελέγχου. οι διαδικασίες παρακολούθησης, οι διορθωτικές ενέργειες και οι διαδικασίες επαλήθευσης.

Πίνακας 9 Κρίσιμα όρια και Διαδικασίες Παρακολούθησης των κρίσιμων σημείων ελέγχου

Critical Control Point	Κίνδυνος	Κρίσιμα όρια των μέτρων ελέγχου	Παρακολούθηση			
			Τι	Πως	Πότε	Ποιος
Συσκευασία σε δοχεία αποθήκευσης μετά από θανάτωση υπό ψύξη	Παρουσία ή αναπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών λόγω καθυστερήσεων και ανόδου της θερμοκρασίας	Τα κουτιά συσκευασίας των γαριδών πρέπει να μεταφέρονται εντός 10 min από τη στιγμή που τοποθετείται η πρώτη γαρίδα σε ψυγεία αποθήκευσης	Χρόνο	Με χρονομέτρο	Σε κάθε νέο δοχείο αποθήκευσης	Προσωπικό της διαδικασίας παραγωγής

Πίνακας 10 Διορθωτικές ενέργειες και διαδικασίες επαλήθευσης στα κρίσιμα σημεία ελέγχου

Critical Control Point	Διορθωτικές ενέργειες	Καταγραφές	Διαδικασίες επαλήθευσης

<p>Συσκευασία σε δοχεία αποθήκευσης μετά από θανάτωση υπό ψύξη</p>	<p>Απόρριψη των γαρίδων που κρατήθηκαν για περισσότερο από 10 μήν εκτός ψυγείου</p>	<p>Καταγραφή των χρόνων</p>	<p>Ανασκόπηση των αρχείων καταγραφής για κάθε παρτίδα</p>
--	---	---------------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εδώδιμες μεμβράνες

5.1 Εισαγωγή

Έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στη βρώσιμη συσκευασία των τροφίμων η οποία πρόκειται να αποτελέσει ένα αναπόσπαστο κομμάτι και να καταναλώνεται μαζί με το προϊόν. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον και η έρευνα στη βρώσιμη συσκευασία οφείλεται τόσο στην αυξανόμενη καταναλωτική ζήτηση για ασφαλή και σταθερά ποιοτικά τρόφιμα όσο και στην ευαισθητοποίηση σχετικά με τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μη βιοαποικοδομήσιμων απορριμμάτων συσκευασίας. Αν και οι όροι βρώσιμες μεμβράνες και βρώσιμες επικαλύψεις μερικές φορές αναφέρονται ως συνώνυμα, υπάρχει διαφορά στο ότι οι μεμβράνες προπαρασκευάζονται χωριστά και κατόπιν εφαρμόζονται στην επιφάνεια των τροφίμων, ενώ οι επικαλύψεις σχηματίζονται απευθείας στις επιφάνειες των τροφίμων [85].

Οι βρώσιμες μεμβράνες και οι επικαλύψεις έχουν παρόμοιες λειτουργίες με εκείνες της συμβατικής συσκευασίας καθώς λειτουργούν ως φράγμα έναντι των υδρατμών, των αερίων και των αρωματικών ενώσεων και βελτιώνουν τη δομική ακεραιότητα και διευκολύνουν το χειρισμό τους από τα μηχανήματα των τροφίμων. Αν και οι εδώδιμες μεμβράνες δεν προορίζονται να αντικαταστήσουν πλήρως τη συμβατική συσκευασία, η αποτελεσματικότητά τους στην προστασία των τροφίμων μπορεί να ενισχυθεί με το συνδυασμό της πρωτογενούς βρώσιμης συσκευασίας και της δευτερογενούς μη εδώδιμης συσκευασίας. Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να μειώσουν τις συμβατικές απαιτήσεις συσκευασίας και τα απόβλητα καθώς είναι σε θέση να βελτιώσουν τη συνολική ποσότητα των τροφίμων, να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής και να βελτιώσουν την οικονομική απόδοση των υλικών συσκευασίας [85].

Οι προστατευτικές ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων μπορούν να βελτιωθούν με την προσθήκη αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών στη μεμβράνη ή την επικάλυψη [86].

5.2 Ιστορική θεώρηση των εδώδιμων επικαλύψεων

Η χρήση της επικάλυψης φρούτων με εμφύσηση σε κηρό είναι μία από τις πιο παλιές μεθόδους που ήταν στη μόδα στις αρχές του 12^{ου} αιώνα. Αυτό έγινε στην Κίνα

κυρίως για να επιβραδύνει την απώλεια νερού στα λεμόνια και τα πορτοκάλια. Παρόλο που οι Κινέζοι δεν συνειδητοποιήσαν πλήρως τις δυνατότητές τους και ανέφεραν ότι τα φρούτα με κηρό μπορούν να αποθηκευτούν περισσότερο από τα μη κερωμένα φρούτα. Το 1930 το κερι παραφίνης διατέθηκε στο εμπόριο ως βρώσιμο επικαλυπτικό για φρέσκα φρούτα όπως τα μήλα και τα αχλάδια. Αργότερα η επικάλυψη τροφίμων με λίπος κοινώς «λαρδί» εφαρμόστηκε ευρέως στην Αγγλία. Το περίβλημα του λουκάνικου που χρησιμοποιείται πολύ συχνά σήμερα δεν είναι παρά ένα υλικό το οποίο προέρχεται από πρωτεΐνες (ζελατίνη). Συνήθως χρησιμοποιείται ένα φιλμ πάχους 2,5 mm και η επικάλυψη γίνεται με διάφορες μεθόδους από τις οποίες προέκυψε ότι τα έλαια, τα κεριά και η κυτταρίνη είχαν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά τον περιορισμό της αλλοίωσης και τη διατήρηση της φρεσκότητας των φρούτων και των λαχανικών. Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την ανάπτυξη άλλων υλικών τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την επικάλυψη, την παραγωγή και την τροποποίηση της εσωτερικής σύνθεσης των φρούτων και των λαχανικών σε βραχυπρόθεσμη αποθήκευση. Το 1982, οι Lowings και Cutts παρουσίασαν ένα υλικό το οποίο είναι μη τοξικό, άγευστο, άοσμο και αποτελεσματικό στην επέκταση της διάρκειας των φρούτων και των λαχανικών. Αυτό το επικαλυπτικό υλικό είναι μίγμα εστέρων σακχαρόζης και λιπαρών οξέων (SFAE), νατρίου, καρβοξυλομεθυλοκυτταρίνης και μονο- και δι-γλυκεριδίων. Το SFAE αρχικά αναπτύχθηκε ως γαλακτωματοποιητής. Ωστόσο η μεμβράνη αυτή έγινε εμπορικά διαθέσιμη το 1980 για την επικάλυψη φρούτων και λαχανικών [87].

5.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα

- Παράγονται από εδώδιμες, ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
- Καταναλώνονται μαζί με το προϊόν με αποτέλεσμα να μην αφήνουν απόβλητα.
- Ακόμη και στην περίπτωση που δεν καταναλωθούν με το προϊόν, δεν μολύνουν το περιβάλλον, γιατί γρήγορα αποσυντίθενται, αφού είναι πλήρως βιοδιασπώμενα υλικά.

- Είναι δυνατόν να ενσωματωθούν σε αυτά ουσίες που ενισχύουν το χρώμα, την οσμή και τη γεύση, με αποτέλεσμα να βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την αποδοχή του προϊόντος. Επίσης, μπορούν να ενσωματωθούν και αντιμικροβιακές ουσίες και αντιοξειδωτικά, επεκτείνοντας τη διάρκεια συντήρησης του προϊόντος.
- Η χρησιμοποίηση πρωτεϊνών για την παραγωγή τους βελτιώνει τη θρεπτική αξία του προϊόντος.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσκευασία και επικάλυψη μεμονωμένων τεμαχίων του προϊόντος.
- Σε προϊόντα όπως η πίτσα και οι πίτες, μπορούν να τοποθετηθούν ανάμεσα στις στρώσεις των διαφόρων συστατικών, εμποδίζοντας με τον τρόπο αυτό τη μεταφορά ουσιών από τη μία στρώση στην άλλη, γεγονός που ενδεχομένως θα υποβάθμιζε την ποιότητα του προϊόντος.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενθυλάκωση διαφόρων ουσιών και την ενσωμάτωσή τους σε προϊόντα, με αποτέλεσμα τη σταδιακή και ελεγχόμενη απελευθέρωσή τους στη διάρκεια της παραγωγής ή της συντήρησης των προϊόντων [88].

Μειονεκτήματα

- Απαιτούνται λεπτομερείς μελέτες μέχρι να βρεθεί πιο επικαλυπτικό υλικό είναι κατάλληλο για κάθε τρόφιμο.
- Λόγω της αλλαγής που επιφέρουν στην εσωτερική ατμόσφαιρα του τροφίμου υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών.
- Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που με εφαρμογή επικαλυπτικού υλικού υποβαθμίστηκε η ποιότητα του προϊόντος [89].

5.4 Απαιτήσεις από τις εδώδιμες μεμβράνες

Οι ιδιότητες της επικαλυπτικής μεμβράνης εξαρτώνται κυρίως από τη μοριακή δομή και όχι το μοριακό μέγεθος και τη χημική σύσταση. Ορισμένες απαιτήσεις για τις επικαλυπτικές μεμβράνες είναι:

- Η επικάλυψη πρέπει να είναι ανθεκτική στο νερό, ώστε να παραμένει άθικτη και να καλύπτει επαρκώς ένα προϊόν, όταν εφαρμόζεται.

- Δεν πρέπει να καταστρέφει το οξυγόνο ή να δημιουργεί υπερβολικό διοξείδιο του άνθρακα. Απαιτείται τουλάχιστον 1-3% οξυγόνο, προκειμένου να αποφευχθεί η μετάβαση από την αερόβια στην αναερόβια αναπνοή.
- Πρέπει να μειώνει τη διαπερατότητα των υδρατμών.
- Θα πρέπει να βελτιώνει την εμφάνιση, να διατηρεί την ακεραιότητα, να βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες, να φέρει ενεργούς παράγοντες (αντιοξειδωτικά, βιταμίνες κλπ.) και να διατηρεί τις γευστικές ιδιότητες.
- Θα πρέπει να τήκεται πάνω από τους 40 °C χωρίς να αποσυντίθεται.
- Πρέπει να είναι εύκολα γαλακτώματοποιήσιμο, μη κολλώδες και να έχει καλή συμπεριφορά στην ξήρανση.
- Ποτέ δεν θα πρέπει να παρεμβαίνει στην ποιότητα των φρέσκων φρούτων ή λαχανικών.
- Πρέπει να έχει χαμηλό ιξώδες και να είναι οικονομική.
- Θα πρέπει να είναι ημιδιαφανής έως αδιαφανής και ικανή να αντέχει σε ελαφριά πίεση [90].

5.5 Μέθοδοι εφαρμογής εδώδιμων επικαλύψεων

Οι εδώδιμες επικαλύψεις εφαρμόζονται άμεσα επάνω στα τρόφιμα με βύθιση, ψεκασμό ή βούρτσισμα και έγχυση. Είναι τεχνικές άμεσης εφαρμογής όπου η μεμβράνη είναι ακόμα στην υγρή της φάση και με βούρτσισμα ή ψεκασμό ή εμβάπτιση και στη συνέχεια αποστράγγιση ή φυγοκέντρωση εφαρμόζεται στο τρόφιμο όπου λαμβάνει χώρα η τελική της διαμόρφωση [91].

Η εμβάπτιση η οποία εφαρμόζεται στα περισσότερα τρόφιμα (κρέας, ψάρι, φρούτα, λαχανικά κ.α.) διαθέτει το πλεονέκτημα της επικάλυψης τροφίμων με ακανόνιστη επιφάνεια/σχήμα. Μετά την εμβάπτιση απομακρύνεται το περισσεύον επικαλυπτικό υλικό από την επιφάνεια του προϊόντος και στη συνέχεια πραγματοποιείται ξήρανση του επικαλυμμένου τροφίμου. Ενώ ο χρόνος εμβάπτισης δεν αποτελεί σημαντική παράμετρο της μεθόδου αυτής, η ολοκληρωτική βύθιση του τροφίμου στο διάλυμα είναι αναγκαία για τη διαμόρφωση μίας καλής μεμβράνης σε όλη της επιφάνεια του προϊόντος [92].

Ο ψεκασμός πλεονεκτεί έναντι της εμβάπτισης στο ότι δίνεται η δυνατότητα σχηματισμού μεμβράνης λεπτότερου πάχους, υπάρχει η ευχέρεια εφαρμογής στη μία μόνο πλευρά του τροφίμου σε περιπτώσεις που επιθυμείται η αποφυγή μεταφοράς υγρασίας, αρωματικών ουσιών από το ένα υλικό στο άλλο και τέλος με τον ψεκασμό

μπορεί να δημιουργηθεί και δεύτερο στρώμα μεμβράνης σε ένα τρόφιμο που θα επικάλυπτε το πρώτο για καλύτερη προστασία [88].

Η έγχυση σε καλούπι η οποία σε αντίθεση με τις προηγούμενες δύο δεν ανήκει στις άμεσες τεχνικές εφαρμογής κατατάσσεται στις μεθόδους ανεξάρτητου σχηματισμού. Επιτυγχάνεται είτε με έγχυση ορισμένης ποσότητας σε καλούπι, είτε με χρήση ειδικού μηχανήματος (spreader) που απλώνει το διάλυμα της μεμβράνης στο επιθυμητό πάχος πάνω σε μία οριοθετημένη επιφάνεια [92].

5.6 Σύνθεση των εδώδιμων επικαλύψεων

Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να παραχθούν από υλικά με ικανότητα σχηματισμού φιλμ. Κατά τη διάρκεια της παρασκευής τους τα υλικά αυτά πρέπει να διασκορπιστούν και να διαλυθούν σε κάποιο διαλύτη όπως είναι το νερό, η αλκοόλη, μίγμα νερού και αλκοόλης ή μίγμα άλλων διαλυτών. Στη διαδικασία αυτή μπορούν να προστεθούν και κάποιοι πλαστικοποιητές, αντιμικροβιακοί παράγοντες, μέταλλα βιταμίνες, χρώματα ή γεύσεις. Κάποια ρύθμιση του pH ή/και θέρμανση των διαλυμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί, ώστε να διευκολυνθεί η διασπορά του πολυμερούς. Οι εδώδιμες μεμβράνες μπορεί να αποτελούνται από πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λιπίδια και σύνθετα υλικά [90] [93] [94]. Η παρουσία τους μπορεί να καθορίσει τις ιδιότητες φραγμού του υλικού σε σχέση με τους υδρατμούς, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και τη μεταφορά των λιπιδίων στα συστήματα των τροφίμων. Συνήθως χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός υλικών προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα [93]. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα κυριότερα είδη επικαλύψεων.

5.5.1 Εδώδιμες επικαλύψεις από Πολυσακχαρίτες

Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να κατασκευαστούν από μία ποικιλία πολυσακχαριτών. Τα πλέον κοινά διαθέσιμα πολυμερή εξάγονται από θαλάσσια και γεωργικά φυτά και ζώα. Τέτοιες επικαλύψεις έχουν χρησιμοποιηθεί για να επιβραδύνουν την απώλεια υγρασίας ορισμένων τροφίμων κατά τη διάρκεια της βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης. Ωστόσο οι πολυσακχαρίτες έχουν υδρόφιλη φύση και δεν λειτουργούν ως φυσικό εμπόδιο της υγρασίας. Ο τρόπος με τον οποίο επιβραδύνουν την απώλεια της υγρασίας είναι δρώντας ως φράγμα της υγρασίας της ατμόσφαιρας, έτσι ώστε να διατηρείται η περιεχόμενη υγρασία των επικαλυμμένων τροφίμων. Εκτός από την πρόληψη της απώλειας υγρασίας, ορισμένοι τύποι

πολυσακχαρικών μεμβρανών είναι λιγότερο διαπερατοί από το οξυγόνο, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση ορισμένων τροφίμων. Οι κρυσταλλικές ιδιότητες ορισμένων πολυσακχαριτών προκαλούν προβλήματα στην επεξεργασία και την απόδοση. Από την άλλη πλευρά αυτοί οι πολυσακχαρίτες παράγουν υλικά με εξαιρετική ικανότητα φραγμού αερίων. Οι πολυσακχαρίτες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την παραγωγή μεμβρανών είναι η κυτταρίνη, το άμυλο, το κόμμι και η χιτοζάνη. Η γραμμική δομή ορισμένων από αυτούς του πολυσακχαρίτες για παράδειγμα η κυτταρίνη, η αμυλόζη (ένα συστατικό του αμύλου) και η χιτοζάνη καθιστούν τις μεμβράνες τους σκληρές, εύκαμπτες, διαφανείς και ανθεκτικές στα λίπη και στα έλαια. Πιθανότατα, οι πιο σύνθετοι πολυσακχαρίτες που παράγονται από μύκητες και βακτήρια, όπως η ξανθάνη και το υαλουρονικό οξύ, να χρήζουν μεγαλύτερου ενδιαφέροντος για μελλοντική μελέτη [87].

Οι κοινώς χρησιμοποιούμενοι πολυσακχαρίτες που μπορεί να χρησιμοποιούνται για την παρασκευή εδωδιμων μεμβρανών είναι οι εξής:

Κυτταρίνη και Παράγωγα της κυτταρίνης

Η κυτταρίνη είναι το πλέον άφθονο φυσικό πολυμερές στη Γη, και πρόκειται ουσιαστικά για γραμμικό φυσικό πολυμερές της γλυκόζης. Είναι υψηλά κρυσταλλική, ινώδης και αδιάλυτη. Λόγω, μάλιστα της αδιαλυτότητάς της στο νερό είναι πολύ δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ως επικάλυψη γι' αυτό και έχουν κατασκευαστεί εμπορικά κάποια παράγωγά της που ξεπερνούν αυτό το εμπόδιο. Τέτοια παράγωγα είναι η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC), η μεθυλοκυτταρίνη (MC) και η υδροξυπροπολυμεθυλοκυτταρίνη (HPMC). Σύγκριση μεταξύ των παραγώγων αυτών ως επικαλυπτικά σε καρύδια χωρίς κέλυφος έχει δείξει ότι το CMC είναι το καλύτερο υλικό για αυτήν την εφαρμογή, προσδίδοντας γυαλάδα και καθυστερώντας τον ταγγισμό. Οι μεμβράνες μεθυλοκυτταρίνης HPMC, HPC και CMC έχουν καλή ιδιότητα σχηματισμού μεμβρανών, είναι γενικά άοσμες και άγευστες, εύκαμπτες και μέτριας αντοχής, διαφανείς, οι οποίες είναι ανθεκτικές στο έλαιο και τα λίπη υδατοδιαλυτές και μέτρια διαπερατές σε υγρασία και οξυγόνο. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι η διαπερατότητα στους υδρατμούς των μεμβρανών HPMC και MC μειώνεται με αύξηση του μοριακού βάρους του πολυμερούς. Οι μηχανικές ιδιότητες των μεμβρανών όπως επίσης και η μη διαπερατότητά τους οφείλονται στην κυτταρίνη και εξαρτώνται από το μοριακό βάρος της κυτταρίνης, όσο μεγαλύτερο είναι το μοριακό βάρος τόσο καλύτερες είναι και οι ιδιότητες που

παρουσιάζουν. Τέλος, το MC έχει χρησιμοποιηθεί προκειμένου να διατηρηθεί το πράσινο χρώμα και η υφή σε αβοκάντο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του. Πολλά παράγωγα κυτταρίνης έχουν εξαιρετικές ιδιότητες σχηματισμού φιλμ, αλλά είναι πολύ ακριβά για τέτοιου είδους χρήση [95] [96] [87].

Πηκτίνη

Πρόκειται για συστατικό του μεσοκυτταρικού χώρου των φυτικών ιστών και συνίστανται, κατά κύριο λόγο, από πολυμερή γραμμικών αλυσίδων γαλακτουρονικού οξέος. Κατά την ωρίμανση των φρούτων δρουν διάφορες πηκτινάσες που μετατρέπουν τις πρωτοπηκτίνες σε άλλες πηκτίνες και τέλος υδρολύουν την πολυγαλακτουρονική άλυσσο, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής και της υφής. Η πηκτίνη που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία προέρχεται από φρούτα όπως είναι το κυδώνι, το μήλο και το πορτοκάλι και προορίζεται για την παρασκευή ισχυρών πηκτών (gel). Πρόσφατα, σε δύο διαφορετικές έρευνες διαπιστώθηκε ότι η επικάλυψη τσιπς πατάτας και μπανάνας με διάλυμα πηκτίνης πριν το τηγάνισμά τους συμβάλλει σημαντικά (~30%) στη μείωση της απορρόφησης ελαίου από τα προϊόντα αυτά, σε συγκεκριμένες συνθήκες τηγανίσματος.

Χιτίνη/Χιτοζάνη

Η χιτίνη είναι ένα φυσικό, μη τοξικό βιοπολυμερές και το δεύτερο πιο άφθονο στη γη μετά την κυτταρίνη. Συναντάται στον εξωσκελετό των οστρακόδερμων, στο κυτταρικό τοίχωμα των μυκήτων, και σε άλλα βιολογικά υλικά. Η εμπορική χιτίνη απομονώνεται κυρίως από τα οστρακόδερμα, λόγω του μεγάλου όγκου αποβλήτων που παράγονται ως παραπροϊόντα από τη βιομηχανική επεξεργασία αυτών των θαλάσσιων ειδών. Πρόκειται κυρίως για πολυ (β-(1-4)-2-ακεταμιδο-D-γλυκόζη), η οποία είναι όμοια ως προς τη δομή με την κυτταρίνη. Η χιτοζάνη λαμβάνεται από τη χιτίνη με αποακετυλίωση σε αλκαλικό μέσο και ορίζεται από το βαθμό της αποακετυλίωσης και το μέσο μοριακό βάρος. Η σημασία της βασίζεται στις αντιμικροβιακές της ιδιότητες, σε συνδυασμό με την κατιοντικότητα της και τις ιδιότητες σχηματισμού μεμβράνης. Οι εδώδιμες μεμβράνες από χιτοζάνη έχουν εκλεκτική διαπερατότητα σε αέρια (CO₂ και O₂) και καλές μηχανικές ιδιότητες, όπως αντοχή, ανθεκτικότητα και ευκαμψία. Ωστόσο, το γεγονός ότι οι μεμβράνες από χιτοζάνη είναι ιδιαίτερα διαπερατές από υδρατμούς περιορίζει τη χρήση τους καθώς ο αποτελεσματικός έλεγχος της μεταφοράς υγρασίας είναι επιθυμητός στα

περισσότερα τρόφιμα, και ιδιαίτερα σε υδατικά περιβάλλοντα. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί, ότι επειδή η χιτοζάνη ανήκει σε ιονικούς πολυσακχαρίτες απαιτεί την προσθήκη κατιόντων για να διευκολυνθεί ο σχηματισμός μεμβρανών. Όσα μάλιστα κατιονικός πολυσακχαρίτης η χιτοζάνη διαλυτοποιείται σε όξινο περιβάλλον, για παράδειγμα σε διάλυμα οξικού οξέος. Οι εδώδιμες μεμβράνες από χιτοζάνη έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την επέκταση της διάρκειας διατήρησης και τον έλεγχο της αλλοίωσης σε ροδάκινα, αχλάδια, αγγούρια, πιπεριές, τομάτες, φράουλες και ψάρια, καθώς επίσης και σε πολλά ακόμα φρούτα και λαχανικά καθώς μειώναν τα ποσοστά απώλειας νερού, απώλειας ασκορβικού οξέος και ενζυμικού μαυρίσματος όπως επίσης διατηρούσαν τη σκληρότητα και καθυστερούσαν τη διαδικασία ωρίμανσης, μειώνοντας τα ποσοστά αναπνοής της απώλειας βάρους και της φθοράς από παθογόνους μικροοργανισμούς [97].

Η ανασταλτική και βιοκτόνος δράση της χιτοζάνης έχει αναφερθεί ευρέως στην επιστημονική βιβλιογραφία κυρίως με βάση τις *in vitro* δοκιμές κατά των μικροοργανισμών. Τέτοιες μελέτες έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η χιτοζάνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα νέο συντηρητικό των τροφίμων. Ωστόσο τα περισσότερα τρόφιμα αποτελούνται από μείγματα διαφόρων ενώσεων (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη μέταλλα, βιταμίνες, άλατα, οργανικά οξέα κλπ.), πολλά από τα οποία αλληλεπιδρούν με τη χιτοζάνη, οδηγώντας έτσι σε ενίσχυση ή απώλεια της αντιμικροβιακής της δραστηριότητας. Επιπλέον, όλα τα τρόφιμα φιλοξενούν πολύπλοκα μικροβιακά οικοσυστήματα, γεγονός που δείχνει ότι ένας παράγοντας όπως η χιτοζάνη θα μπορούσε να επηρεάσει σημαντικά τόσο τη διάρκεια ζωής όσο και την ασφάλεια των τροφίμων. Άλλοι παράγοντες όπως η διαλυτότητα, η σταθερότητα κάτω από συμβατικές διαδικασίες επεξεργασίας τροφίμων, η ρυθμιστική κατάσταση και το κόστος διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην εμπορευματοποίηση οποιουδήποτε νέου συντηρητικού τροφίμων συμπεριλαμβανομένης και της χιτοζάνης [98].

Αλγινικά άλατα

Τα αλγινικά άλατα τα οποία εξάγονται από καφέ φύκια είδους *Phaeophyceae*, είναι τα άλατα του αλγινικού οξέος, ενός γραμμικού συμπολυμερούς του D-μαννουρικού οξέος και του L-γουλουρονικού οξέος. Η ικανότητα των αλγινικών αλάτων να αντιδρούν τόσο με δισθενή όσο και με τρισθενή κατιόντα στο σχηματισμό εδώδιμων μεμβρανών από αλγινικά άλατα. Τα ιόντα ασβεστίου, τα οποία είναι πιο

αποτελεσματικά από τα ιόντα μαγνησίου, μαγγανίου, αργιλίου και διοξειδίου και τριοξειδίου σιδήρου χρησιμοποιούνται ως πηκτικά μέσα. Οι εδώδιμες μεμβράνες από αλγινικά άλατα έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη διατήρηση διαφόρων ειδών ψαριών, κρεάτων και πουλερικών, καθώς και ορισμένων ειδών τυριών [99].

5.5.2 Εδώδιμες επικαλύψεις που βασίζονται στις πρωτεΐνες

Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν επίσης να παρασκευαστούν από μία ποικιλία πρωτεϊνικών πηγών. Ωστόσο, οι επικαλύψεις πρωτεϊνών είναι λιγότερο ανεπτυγμένες. Οι εδώδιμες επικαλύψεις που βασίζονται στις πρωτεΐνες είναι γενικά υδρόφιλες, ευαίσθητες στην απορρόφηση υγρασίας και επομένως η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία μπορούν να τις επηρεάσουν. Στη φυσική τους κατάσταση οι πρωτεΐνες μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες τις ινώδεις και τις σφαιρικές πρωτεΐνες. Οι ινώδεις πρωτεΐνες είναι αδιάλυτες στο νερό και λαμβάνονται από ζωικούς ιστούς (π.χ. καζεΐνη, πρωτεΐνη ορού γάλακτος, κολλαγόνο, ζελατίνη, κερατίνη), ενώ οι σφαιρικές πρωτεΐνες είναι διαλυτές στο νερό ή σε υδατικά διαλύματα οξέων, βάσεων ή αλάτων και είναι φυτικής προέλευσης (γλουτένη σίτου, πρωτεΐνη σόγιας, ζεΐνη καλαμποκιού κ.α.) [87].

Στη συνέχεια συνοπτικά, παρουσιάζονται οι πιο δημοφιλείς πρωτεΐνες στον τομέα των εδώδιμων επικαλύψεων.

Πρωτεΐνη καλαμποκιού

Η πρωτεΐνη του καλαμποκιού βρίσκει εμπορική χρήση στην παρασκευή εδώδιμων επικαλύψεων για αποφλοιωμένους ξηρούς καρπούς, καραμέλες και φαρμακευτικά δισκία. Αποτελεί αποδεδειγμένα καλό φράγμα για το οξυγόνο, ενώ η διαπερατότητα υδρατμών μέσω αυτής είναι περίπου 800 φορές υψηλότερη σε σχέση με μία τυπική μεμβράνη [100].

Πρωτεΐνη Σόγιας

Η ικανότητα της πρωτεΐνης σόγιας να σχηματίζει μεμβράνες αξιοποιείται παραδοσιακά στην Άπω Ανατολή για την παρασκευή μεμβρανών από πρωτεΐνη σόγιας και λιπίδια, οι οποίες είναι γνωστές ως μεμβράνες “yuba” [100].

Πρωτεΐνες Γάλακτος

Η καζεΐνη, η πρωτεΐνη του ορού του γάλακτος, και οι ολικές πρωτεΐνες του γάλακτος μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών. Για τις εδώδιμες μεμβράνες που βασίζονται στην καζεΐνη δεν έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες, λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής τους. Οι μεμβράνες από β-καζεΐνη αναμένεται να έχουν χαμηλότερη διαπερατότητα σε αέρια και υδρατμούς σε σχέση με τις υπόλοιπες μεμβράνες από πρωτεΐνες γάλακτος. Εκτός από την καζεΐνη, και τα καζεϊνικά άλατα, οι πρωτεΐνες του ορού γάλακτος είναι ικανές να σχηματίσουν μεμβράνες εξαιτίας της τυχαίας ελικοειδούς φύσης τους και της ικανότητάς τους να σχηματίζουν ηλεκτροστατικούς, υδρόφοβους, και εκτεταμένους διαμοριακούς δεσμούς υδρογόνου. Αυτές οι μεμβράνες είναι πολύ υδατοδιαλυτές, αλλά η υποβολή τους σε ρυθμιστικά διαλύματα στο ισοηλεκτρικό σημείο της καζεΐνης οδηγεί σε αδιάλυτες στο νερό μεμβράνες. Σε αντίθεση με τις μεμβράνες από καζεϊνικά άλατα, οι εδώδιμες μεμβράνες από πρωτεΐνες του ορού γάλακτος είναι αδιάλυτες στο νερό, λόγω της παρουσίας ομοιοπολικών δισουλφιδικών δεσμών, ενώ είναι επίσης εξαιρετικά φράγματα για τη μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες για την παραγωγή εδώδιμων επικαλυπτικών από τις ολικές πρωτεΐνες του γάλακτος, με ιδιαίτερη έμφαση στη συσχέτιση των ιδιοτήτων τους με μοριακούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η δομή και η σύνθεση των πρωτεϊνών σε σχέση με τη θερμοκρασία διατήρησης [101].

Κολλαγόνο/Ζελατίνη

Το κολλαγόνο είναι μία ινώδης πρωτεΐνη. Η ικανότητά του να σχηματίζει μεμβράνες χρησιμοποιείται παραδοσιακά στη βιομηχανία κρέατος για την παραγωγή εδώδιμων περιβλημάτων για λουκάνικα. Πιο συγκεκριμένα, οι μεμβράνες κολλαγόνου είναι ιδιαίτερης σημασίας διότι προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως είναι η βιοσυμβατότητα. Επίσης είναι μη τοξικές στους περισσότερους ιστούς, ενώ μπορούν να επεξεργαστούν και να αποδώσουν μία ποικιλία μορφών. Η ζελατίνη είναι μία πρωτεΐνη που προκύπτει από τη μερική υδρόλυση του κολλαγόνου. Σχηματίζει διαυγείς, εύκαμπτες, ισχυρές και αδιαπέραστες από το οξυγόνο μεμβράνες, όταν λαμβάνεται από υδατικά διαλύματα που περιέχουν πλαστικοποιητή. Οι εδώδιμες μεμβράνες από ζελατίνη βρίσκουν εφαρμογή τόσο στη φαρμακευτική βιομηχανία, όσο και στη βιομηχανία τροφίμων [100].

5.5.3 Εδώδιμες επικαλύψεις που βασίζονται στα λιπίδια

Στη κατηγορία των λιπιδίων ανήκουν τα φυσικά λιπίδια των γλυκεριδίων, τα οποία είναι εστέρες της γλυκερίνης, και τα λιπαρά οξέα και οι κηροί, τα οποία είναι εστέρες των μεγάλου μοριακού βάρους μονοϋδρικών αλκοολών και λιπαρών οξέων. Από αυτή την ομάδα, τα ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια, οι φυσικοί κηροί και οι επιφανειοδραστικές ουσίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για την παραγωγή εδώδιμων επικαλυπτικών. Η κύρια ιδιότητα των μεμβρανών που αποτελούνται από λιπίδια είναι ο υδρόφοβος χαρακτήρας τους, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για το είδος αυτό. Η αποκλειστική σύνθεση όμως αυτών των μεμβρανών από λιπίδια χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, διότι ενδέχεται να στερούνται δομικής ακεραιότητας. Για αυτό το λόγο, προτείνεται η χρήση υδροκολλοειδών, τα οποία συμβάλλουν στη συγκράτηση της μεμβράνης. Γενικότερα, οι εδώδιμες μεμβράνες από λιπίδια είναι αδιαφανείς και άκαμπτες, έχουν κηρώδη γεύση και δεν προσκολλώνται εύκολα στις υδρόφιλες επιφάνειες, γεγονός που περιορίζει τη χρήση τους στα τεμαχισμένα φρούτα [100] [102].

Κηροί

Οι κηροί ανήκουν στην κατηγορία των μη-πολικών λιπιδίων, είναι αδιάλυτοι στο νερό και δεν απλώνονται εύκολα πάνω στις επιφάνειες. Εμφανίζουν μάλιστα έντονα υδρόφοβο χαρακτήρα, όπως αποδεικνύεται από τη διαλυτότητά τους στους τυπικούς οργανικούς διαλύτες. Οι μεμβράνες από κηρούς παρουσιάζουν διαφορές στη διαπερατότητά τους, οι οποίες οφείλονται κυρίως στις διαφορές στη χημική σύσταση και στον κρυσταλλικό τύπο τους [100].

Τα μονογλυκερίδια εφαρμόζονται ως γαλακτωματοποιητές των εδώδιμων μεμβρανών, με σκοπό να αυξάνουν την προσκόλληση μεταξύ δύο συστατικών με διαφορετική υδροφοβικότητα. Τα τριγλυκερίδια, από την άλλη, είναι αδιάλυτα στο νερό, αλλά απλώνονται εύκολα στις επιφάνειες, σχηματίζοντας μία σταθερή επίστρωση. Ο υδρόφιλος ή υδρόφοβος χαρακτήρας των τριγλυκεριδίων εξαρτάται από τη δομή τους. Γενικότερα, οι ιδιότητες φραγμού υγρασίας των εδώδιμων μεμβρανών με γλυκερίδια μπορούν να ενισχυθούν με την προσθήκη παλμιτικού, στεατικού ή λαυρικού οξέος ή στεαρυλικής αλκοόλης [100].

5.5.4 Σύνθετες και πολυστρωματικές μεμβράνες

Οι εδώδιμες μεμβράνες που αποτελούνται μόνο από ένα βασικό συστατικό, είτε δρουν μόνο ως καλά φράγματα, είτε εμφανίζουν καλές μηχανικές ιδιότητες. Οι μεμβράνες υδροκολλοειδών, για παράδειγμα, είναι πολύ αποτελεσματικά φράγματα οξυγόνου, αλλά η αντίστασή τους στη μεταφορά υδρατμών είναι περιορισμένη, εξαιτίας της υδρόφιλης φύσης των συστατικών τους. Από την άλλη πλευρά, οι μεμβράνες που βασίζονται σε λιπίδια αποτελούν καλό φράγμα υδρατμών, αλλά παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα, όπως μικρές οπές και ρωγμές στην επιφάνειά τους, κακή προσκόλληση, έλλειψη ομοιογένειας, και κηρώδη γεύση [100].

Για την επίτευξη λοιπόν του καλύτερου δυνατού συνδυασμού όλων των παραπάνω επιθυμητών ιδιοτήτων των μεμβρανών, μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάμιξη περισσότερων συστατικών για το σχηματισμό σύνθετων ή πολυστρωματικών μεμβρανών. Στην περίπτωση των σύνθετων μεμβρανών όλα τα συστατικά αναμιγνύονται για τη δημιουργία μίας ομογενούς επικάλυψης, ενώ στην περίπτωση των πολυστρωματικών μεμβρανών εφαρμόζονται δύο στρώσεις επικαλυπτικού, όπου η μία αποτελείται από υδροκολλοειδή και η άλλη από λιπίδια. Οι σύνθετες μεμβράνες είναι λιγότερο αποτελεσματικές ως φράγματα αερίων και υδρατμών σε σχέση με τις πολυστρωματικές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επιφάνεια των επικαλυμμένων με σύνθετες μεμβράνες τροφίμων καλύπτεται από ένα μόνο συστατικό σε κάθε σημείο, αφού η επικάλυψη αποτελείται από ένα πλέγμα στο οποίο τα λιπίδια και τα υδροκολλοειδή εναλλάσσονται. Ωστόσο, οι σύνθετες μεμβράνες είναι πιο εύκολες στη χρήση, αφού απαιτούν μόνο ένα στάδιο εφαρμογής και ένα στάδιο ξήρανης. Επίσης η ύπαρξη τόσο πολικών όσο και μη-πολικών χαρακτηριστικών στις σύνθετες μεμβράνες τους προσδίδει την ιδιότητα της καλύτερης προσκόλλησης σε μεγαλύτερο αριθμό επιφανειών [102].

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

αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων στις σύνθετες μεμβράνες μειώνει τη διαπερατότητα σε υδρατμούς, έχει βρεθεί ότι κάτω υπό ορισμένες συνθήκες, η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων πάνω από συγκεκριμένες τιμές οδηγεί σε αύξηση της διαπερατότητας της μεμβράνης σε υδρατμούς. Αυτή η διαπίστωση οφείλεται στην ανεπαρκή διασπορά των λιπιδίων στα υδατικά γαλακτώματα που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις λιπιδίων. Οι σύνθετες και οι πολυστρωματικές μεμβράνες έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές σε διεθνές επίπεδο. Κάποια από τα μίγματα που έχουν εξεταστεί ερευνητικά είναι: άμυλο-ζελατινή, χιτοζάνη-ζελατινή, πρωτεΐνη σόγιας-αλγινικά άλατα, πρωτεΐνη σόγιας-προπυλενογλυκόλη (PGA), και καζεΐνη-αλγινικά άλατα-ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια [100] [102]

5.6 Παραδείγματα Εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών

Η κατανάλωση θαλασσινών αυξήθηκε τα τελευταία χρόνια, καθώς οι καταναλωτές έχουν καλύτερη πληροφόρηση των διατροφικών οφελών και των προβλημάτων υγείας που συνδέονται με άλλα προϊόντα κρέατος όπως το κοτόπουλο και το βόειο κρέας. Ωστόσο, η σύνθεση της σάρκας των θαλασσινών τα καθιστά άριστο υπόστρωμα για την ταχεία ανάπτυξη και διάδοση των μικροοργανισμών αλλοίωσης και των κοινών παθογόνων που μεταδίδονται από τα τρόφιμα [103].

Η ποιότητα των ψαριών είναι πολύ υποκειμενική και είναι πολύπλοκη περιλαμβάνοντας τα θρεπτικά μικροβιολογικά, βιοχημικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Το ψάρι είναι ένα από τα περισσότερο ευπαθή προϊόντα και η φρεσκάδα τους υποβαθμίζεται μετά από το θάνατο λόγω των διαφόρων βιοχημικών αντιδράσεων και της μικροβιολογικής αλλοίωσης. Οι εδώδιμες μεμβράνες μπορεί να βρουν εφαρμογή στην πρόληψη των αλλοιώσεων των ιχθυρών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θετικές επιδράσεις ορισμένων εδώδιμων επικαλύψεων σε θαλασσινά προϊόντα [103].

Πίνακας 11 Οι θετικές επιδράσεις από την επικάλυψη θαλασσινών με εδώδιμες μεμβράνες πολυσακχαριτών [103].

Θετικές επιδράσεις	Υλικό επικάλυψης
Η επίστρωση με αλγινικό νάτριο έδειξε σημαντική επέκταση της διάρκειας ζωής σε περίπου 160 h από 57 h	Αλγινικό Νάτριο

για μη σφραγισμένα στρείδια	
Η αναστολή της ανάπτυξης των βακτηρίων, η διατήρηση της ποιότητας των ψαριών λόγω της μείωσης του βαθμού της χημικής αλλοίωσης και τα βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της πέστροφας	Αλγινικό Νάτριο
Η επικάλυψη καθυστέρησε την αποσύνθεση των ψαριών και μείωσε κυρίως τη χημική αλλοίωση η οποία αντανακλάται στη μέτρηση του TVB-N, του pH, του TBA, στην καθυστέρηση της απώλειας νερού και στην αύξηση της συνολικής οργανοληπτικής ποιότητας των ψαριών	Αλγινικό Νάτριο
Η επιβραδυνόμενη διάσπαση των νουκλεοτιδίων, οξείδωση των λιπιδίων, αποικοδόμηση της πρωτεΐνης και η μειωμένη ανάπτυξη μικροβίων σε σύγκριση με το δείγμα μάρτυρα	Αραβικό κόμμα
Επιβραδυνόμενη οξείδωση λιπιδίων και σημαντικά μειωμένες μεταβολές των πιητικών ουσιών στον καπνιστό σολομό	Ξανθάνη
Οι μικροβιολογικές, χημικές και οργανοληπτικές αναλύσεις αξιολόγησης παρουσιάζουν χαρακτηριστικά καλής ποιότητας και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του ασημένιου κοπρίνου κατά τη διάρκεια της κατάψυξης	Χιτοζάνη
Η συσκευασία υπό κενό με εδώδιμες μεμβράνες μείωσε σημαντικά την τιμή της τριμεθυλαμίνης και του συνολικού οργανικού αζώτου και την ανάπτυξη μεσοφιλικών και ψυχροτροφικών αερόβιων βακτηρίων κατά την αποθήκευση στους 4 °C. Παράταση της διάρκειας ζωής περίπου 20 ημερών	Χιτοζάνη

<p>Η επικάλυψη με χιτοζάνη ήταν αποτελεσματική στην αναστολή της βακτηριακής ανάπτυξης και μείωσε τον σχηματισμό πιητικών βάσεων και την οξείδωση στην ινδική σαρδέλα. Η επίστρωση της χιτοζάνης βελτίωσε τη συγκράτηση του νερού</p>	<p>Χιτοζάνη</p>
<p>Η μικροβιακή ανάπτυξη που εκτιμήθηκε με την ολική μικροβιακή χλωρίδα και το συνολικό οργανικό άζωτο διατηρήθηκε κάτω από τα μέγιστα όρια που συνιστώνται στον κατεψυγμένο σολομό</p>	<p>Χιτοζάνη</p>

Πίνακας 12 Θετικές επιδράσεις από την επικάλυψη θαλασσινών με εδωδιμες μεμβράνες ζωικής προέλευσης [103]

Θετικά αποτελέσματα	Υλικό επικάλυψης
<p>Η μόλυνση από τα βακτηρίδια Coliform, Escherichia coli και Pseudomonas ήταν αρνητική μέχρι το τέλος του 6^{ου} μήνα στους -18° C στα επικαλυμμένα δείγματα Kilka. Ο συνολικός αριθμός βακτηρίων Staphylococcus ήταν χαμηλότερος σε αυτά τα δείγματα. Η τιμή των υπεροξειδίων, των ελεύθερων λιπαρών οξέων, τουθειοβαρβιτουρικού οξέος, του ολικού οργανικού αζώτου και του pH ήταν χαμηλότερες στα δοκιμαστικά δείγματα. Η γεύση, η οσμή, το χρώμα, ο ιστός και η συνολική αποδοχή είχε μεγαλύτερη αποδοχή στα επικαλυμμένα δείγματα</p>	<p>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</p>
<p>Η εφαρμογή της επικάλυψης μετά την κατάψυξη αύξησε την απόδοση της απόψυξης, μείωσε την απώλεια υγρών. Οι επιστρώσεις καθυστέρησαν τη λιπιδική οξείδωση των φιλέτων σολομού, παρέχοντας καλύτερη προστασία στην κρυστάλλωση του νερού.</p>	<p>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</p>

<p>Μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης υπό ψύξη των επικαλυμμένων με ζελατίνη φιλέτων <i>tilapia</i> το μικροβιακό τους φορτίο δεν αυξήθηκε ιδιαίτερα, ενώ τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δεν εμφάνισαν μεγάλες διαφορές σε σχέση με τα φρέσκα φιλέτα.</p>	<p>Ζελατίνη</p>
---	-----------------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Φυσικά Αντιμικροβιακά

6.1 Εισαγωγή

Η διατήρηση των τροφίμων γίνεται όλο και πιο σύνθετη. Νέα προϊόντα διατροφής εισάγονται στην αγορά. Αυτές οι συνθήκες απαιτούν μεγαλύτερες αποθήκες και μεγαλύτερη διασφάλιση ότι τα τρόφιμα δεν θα μολυνθούν από παθογόνους μικροοργανισμούς. Η αναζήτηση νέων ουσιών που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση των τροφίμων παρακωλύεται από ορισμένους κανονισμούς της νομοθεσίας. Συνεπώς μπορεί να χρειαστεί πολύς χρόνος και χρήμα για να αναπτυχθεί ένα νέο χημικό συντηρητικό και να εγκριθεί ειδικά εν όψει της δημόσιας αντίδρασης ενάντια στα χημικά πρόσθετα. Τα εμπόδια αυτά παρέχουν νέες ευκαιρίες σε όσους αναζητούν εναλλακτικές διαδρομές στην αναζήτηση νέων συντηρητικών τροφίμων. Η υπερβολική χρήση χημικών συντηρητικών, μερικά από τα οποία είναι ύποπτα λόγω της υποτιθέμενης ή πιθανής τοξικότητάς τους, έχει οδηγήσει σε πίεση των κατασκευαστών τροφίμων είτε να απομακρύνουν πλήρως τα χημικά συντηρητικά από τα τρόφιμα είτε να υιοθετήσουν περισσότερες «φυσικές» εναλλακτικές για τη συντήρηση ή την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων. Υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για την ενδεχόμενη χρήση τέτοιων φυσικών εναλλακτικών ουσιών, όπως τα πρόσθετα των τροφίμων, είτε για να αποφευχθεί η ανάπτυξη παθογόνων είτε για να καθυστερήσει την εμφάνιση της αλλοίωσης στα τρόφιμα. Πολλές φυσικές ενώσεις όπως οι φαινόλες (φαινολικό οξύ, πολυφαινόλες, τανίνες) και οργανικά οξέα (οξικό, γαλακτικό, κιτρικό) έχουν εξεταστεί στο πλαίσιο αυτό. Πολλά μπαχαρικά, βότανα και εκχυλίσματα διαθέτουν αντιμικροβιακή δράση, σχεδόν πάντα λόγω κλασμάτων αιθερίων ελαίων [104].

6.2 Φυσικά αντιμικροβιακά από φυτικές πηγές

Τα κύρια συστατικά των φυσικώς απαντώμενων αντιμικροβιακών στα φυτά ή τα βότανα μπορεί να περιλαμβάνουν εκείνα που υπάρχουν στο φυτό και αυτά που απελευθερώνονται λόγω μόλυνσης ή τραυματισμού. Τα συστατικά που υπάρχουν στα ολόκληρα φυτά είναι αλκαλοειδή, διένια, φλαβονοειδή, γλυκοζίτες, λακτόνες, οργανικά οξέα, φαινολικές ενώσεις και πρωτεϊνικές ενώσεις. Οι αναστολείς των μολύνσεων μπορεί να περιλαμβάνουν ισοθειακονιούχες, φαινολικές ενώσεις και σουλφοξείδια. Μεγάλης σημασία ως αντιμικροβιακά των τροφίμων είναι οι ενώσεις που προέρχονται από τα μπαχαρικά και τα αιθέρια έλαια. Επιπλέον, ενώσεις του

γένους *Allium*, η μουστάρδα και οι φαινολικές ενώσεις έχουν δείξει κάποιες δυνατότητες [105].

6.2.1 *Allium*

Το κρεμμύδι (*Allium cepa*) και το σκόρδο (*Allium sativum*) έχει αποδειχτεί ότι εμποδίζουν την ανάπτυξη και την παραγωγή τοξινών από πολλούς μικροοργανισμούς συμπεριλαμβανομένων των *B.cereus*, *C. Botulinum A* τύπου, *E.coli*, *Lactobacillus plantarum*, *Salmonella*, *Shigella* και *S.aureus* και των μυκήτων *A. Flavus*, *A. Paraciticus*, *Candida albicans* και κάποιων ειδών *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Sacharomyces*, *Torulolopsis* και *Trichosporon*. Κάποιοι ερευνητές απομόνωσαν χρησιμοποιώντας απόσταξη ορισμένες ενώσεις από το σκόρδο και διαπίστωσαν την αντιμικροβιακή δράση μίας ένωση της αλλικίνης, η οποία σχηματίζεται από τη δράση του ενζύμου αλλινάση. Παρόμοιες δράσεις παρατηρήθηκαν και στο κρεμμύδι. Οι ενώσεις στις οποίες οφείλεται η αντιμικροβιακή δράση είναι επίσης υπεύθυνες και για τη γεύση του κρεμμυδιού και του σκόρδου. Τα κρεμμύδια περιέχουν επίσης και φαινολικές ενώσεις οι οποίες συνεισφέρουν στην αντιμικροβιακή του δράση [105].

6.2.2 Υδροξυκιναμωμικά οξέα και σχετικές ενώσεις

Τα υδροξυκιναμωμικά οξέα περιλαμβάνουν το καφεϊκό, το p-κουμαρικό, το φερουλικό και το σιναπικό οξύ. Αυτές οι ενώσεις απαντώνται στα φυτά και τις φυτικές τροφές και συχνά εμφανίζονται ως εστέρες και λιγότερο συχνά ως γλυκοζιδάσες. Οι Herald και Davidson (1983) έδειξαν ότι το φερουλικό οξύ σε συγκέντρωση 100μg/mL και το p-κουμαρικό οξύ σε συγκέντρωση 500 ή 1000 μg/mL ανέστειλαν την ανάπτυξη των *Bacillus cereus* και *Staphylococcus aureus*. Οι ενώσεις δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικές έναντι των *Pseudomonas fluorescens* και *E. Coli*. Αντίθετα, το καφεϊκό μεθύλιο, ο κουμαρικός μεθυλεστέρας αποδείχτηκαν αποτελεσματικοί αναστολείς του *P. Fluorescens* [105].

6.2.3 Ισοθειοκυανιούχες ενώσεις

Οι σπόροι της μουστάρδας έχουν ως σημαντικό συστατικό της πικρότητάς τους το ισοθειοκυανιούχο αλλύλιο. Οι ενώσεις αυτές είναι παράγωγα των γλυκοσινολατών στα κύτταρα των φυτών της οικογένειας των *Cruciferae* ή της μουστάρδας (λαχανάκια Βρυξελλών, κουνουπίδι, αρακάς, χρένο, μουστάρδα). Οι ισοθειοκυανιούχες ενώσεις παρουσιάζουν ανασταλτική δράση για τους μύκητες, του

ζυμομύκητες και τα βακτήρια σε συγκεντρώσεις 16-110 ng/mL στην αέρια φάση και 10-600 µg/mL στην υγρή φάση. Τα βακτήρια γενικά ποικίλλουν αλλά γενικά τα θετικά κατά Gram βακτήρια είναι λιγότερο ευαίσθητα σε αυτές τις ενώσεις από τα αρνητικά κατά Gram [105].

6.2.4 Μπαχαρικά και αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια που απομονώνονται από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα μπαχαρικά και βότανα περιέχουν ενώσεις γνωστές για την αντιμικροβιακή τους δράση. Τα αιθέρια έλαια μπαχαρικών που έχουν δείξει μεγάλη δραστηριότητα έναντι των μικροοργανισμών είναι αυτά που προέρχονται από το γαρύφαλο, την κανέλλα, τη ρίγανη το θυμάρι και τα κύρια συστατικά τους είναι η ευγενόλη, η κινναμαλδεΐδη, η καρβακρόλη και η θυμόλη αντίστοιχα. Άλλα εκχυλίσματα από αιθέρια έλαια ή εκχυλίσματα από βασιλικό, κοριάνδρο, κίτρο, κύμινο άνηθο, δαμάσκηνο, δάφνη, μαντζουράνα, μοσχοκάρυδο, δεντρολίβανο, φασκόμηλο, παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλή δραστηριότητα έναντι ορισμένων μικροοργανισμών [106].

Προκειμένου να παραχθεί το έλαιο, οι ξηροί σπόροι τοποθετούνται σε δοχεία απόσταξης από ανοξείδωτο χάλυβα εξοπλισμένα με μία θύρα κατάλληλη για την είσοδο του ατμού, μία για την έξοδο του ατμού, ένα συμπυκνωτήρα και ένα διαχωριστήρα. Ατμός εισάγεται από το κάτω μέρος του δοχείου και καθώς ανεβαίνει περνά από τους σπόρους του φυτού στους οποίους περιέχεται το έλαιο. Το έλαιο συμπυκνώνεται και διαχωρίζεται από το νερό. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης αιθερίου ελαίου είναι ότι έχει καλή ποιότητα σε ότι αφορά τη γεύση καθώς επίσης και το γεγονός ότι είναι ελεύθερο από ένζυμα και τανίνες και δεν προσδίδει χρώμα στο τελικό προϊόν [106].

Ο χρησιμοποιούμενος όρος «αιθέριο έλαιο» χρονολογείται από τον 16^ο αιώνα και αποδίδεται στον Ελβετό ιατρό Paracelsus von Hohenheim, ο οποίος ονόμασε το δραστικό συστατικό ενός φαρμάκου Quinta essential. Σήμερα υπολογίζεται ότι είναι γνωστά περίπου 3000 διαφορετικά αιθέρια έλαια τα 300 από τα οποία έχουν εμπορική σημασία [107].

Τα αιθέρια έλαια είναι αναστολείς των μικροοργανισμών και θεωρούνται ως φυσικά υποκατάστατα των χημικών συντηρητικών. Γενικά, η πρακτική εφαρμογή των αιθερίων ελαίων είναι περιορισμένη καθώς η αποτελεσματικότητά τους είναι περιορισμένη λόγω της μέτριας αλληλεπίδρασής τους με τα συστατικά και τη δομή των τροφίμων. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τους Skandamis et al. (2002)

έδειξαν ότι οι πτητικές ενώσεις του αιθερίου ελαίου ρίγανης επηρεάζουν τόσο την ανάπτυξη όσο και τη μεταβολική δράση της μικροβιακής χλωρίδας [108].

Στα ψάρια, όπως και στα προϊόντα με βάση το κρέας υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά φαίνεται να μειώνει την αποτελεσματικότητα των αντιμικροβιακών αιθερίων ελαίων. Για παράδειγμα το έλαιο ρίγανης στα 0,5 μL/g είναι πιο αποτελεσματικό στην αναστολή μικροοργανισμού αλλοίωσης *P. Phosphoreum* σε φιλέτα μπακαλιάρου από ότι σολομό [108].

6.3 Ιστορική αναδρομή αιθερίων ελαίων

Η απόσταξη ως μέθοδος για την παραγωγή αιθερίων ελαίων, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Ανατολή (Ινδία, Αίγυπτος, Περσία), πάνω από 2000 χρόνια πριν και βελτιώθηκε από τους Άραβες μόλις τον 9^ο αιώνα μ.Χ. Η πρώτη γραπτή αναφορά για απόσταξη αιθερίου ελαίου έγινε από τον φυσικό Villanova, ο οποίος έζησε την περίοδο 1235 έως 1311 μ.Χ. Τον 13^ο αιώνα μ.Χ. η παρασκευή των αιθερίων ελαίων γινόταν σε φαρμακεία και οι φαρμακολογικές τους χρήσεις περιγράφονται σε φαρμακευτικά εγχειρίδια. Τον 16^ο αιώνα μ.Χ., δύο Γάλλοι φυσικοί αναφέρουν σε κείμενά τους την απόσταξη μικρού αριθμού αιθερίων ελαίων, μεταξύ των οποίων έλαια από δεντρολίβανο, λεβάντα, γαρύφαλλο, μοσχοκάρυδο, άνηθο και κανέλλα. Σύμφωνα με το Γάλλο φυσικό Du Chesne, τον 17^ο αιώνα η απόσταξη των αιθερίων ελαίων ήταν μια διαδεδομένη και η πρώτη πειραματική μέτρηση των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων των αιθερίων ελαίων πραγματοποιήθηκε από τον De la Croix το 1881. Κατά τη διάρκεια του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα, η χρήση των αιθερίων ελαίων στην ιατρική απέκτησε δευτερεύουσα σημασία, σε σχέση με την χρήση τους στην αρωματοποιία και την προσθήκη τους στα τρόφιμα ως βελτιωτικά της γεύσης [107] [109] [110].

6.4 Σύγχρονες χρήσεις των αιθερίων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα κυρίως ως βελτιωτικά της γεύσης, στην αρωματοποιία και στην παρασκευή φαρμάκων. Σε μικρότερη κλίμακα, οι ιδιότητες των αιθερίων ελαίων και των συστατικών τους αξιοποιούνται σήμερα ως αντισηπτικά και ως εντομοαπωθητικά. Η χρήση των αιθερίων ελαίων ως αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών πρόσθετων για τη συντήρηση των τροφίμων διαρκώς αυξάνεται [111].

Διάφορα συστατικά των αιθερίων ελαίων θεωρούνται ασφαλή για την υγεία των καταναλωτών και έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για χρήση στα τρόφιμα

ως βελτιωτικά της γεύσης. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται η καρβακρόλη (κύριο συστατικό της ριγανής), η θυμόλη (κύριο συστατικό του θυμαριού), η μενθόλη, το κυμένιο και η ευγενόλη. Όλες οι εγκεκριμένες από την Ε.Ε. ουσίες διαθέτουν άδεια για χρήση στα τρόφιμα και στις Η.Π.Α [111].

6.4.1 Αιθέριο έλαιο ριγανής

Η ριγανή (*Origanum vulgare*) ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae*, στο γένος *Origanum*. Το γένος *Origanum* περιλαμβάνει 38 είδη ριγανής, τα περισσότερα εκ των οποίων απαντώνται σε όλη τη Μεσόγειο, ενώ ένα είδος από αυτά φύεται στην Ελλάδα. Στην Ελλάδα η πιο γνωστή ριγανή είναι αυτή η οποία ταξινομείται ως *Origanum vulgare* spp. *Hirtum*. Το είδος αυτό της ριγανής, που απαντάται και σε άλλες περιοχές της Μεσογείου, είναι γνωστό στο εμπόριο ως «ελληνική ριγανή» και ανήκει στα 4 πλέον εμπορεύσιμα είδη ριγανής που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα σε όλο τον κόσμο. Η «ελληνική ριγανή» θεωρείται ότι έχει την καλύτερη ποιότητα από τα διάφορα άλλα είδη ριγανής που χρησιμοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα [112].

Ενεργά συστατικά

Το αιθέριο έλαιο της ριγανής περιέχει περισσότερες από 30 χημικές ενώσεις και είναι πλούσιο σε φαινολικές ενώσεις. Η καρβακρόλη και η θυμόλη είναι οι δύο κύριες φαινόλες αποτελώντας το 78-82% του αιθερίου ελαίου και θεωρούνται υπεύθυνες για τις αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές του ιδιότητες [112].

Επίσης, το γ-τερπένιο και το π-κυμένιο είναι δύο υδρογονάνθρακες που αποτελούν περίπου το 5% 7% αντίστοιχα του αιθερίου ελαίου και συνεισφέρουν στις αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ριγανής. Εκτός των φαινολών και υδρογονανθράκων, το αιθέριο έλαιο της ριγανής περιέχει διάφορες αλκοόλες και εστέρες που βρίσκονται σε μικρά ποσοστά, περίπου 1,5% [112].

Αντιμικροβιακή δράση

Το αιθέριο έλαιο της ριγανής εμφανίζει βακτηριοστατική και βακτηριοκτόνο δράση, η οποία θεωρείται ότι οφείλεται κυρίως στις φαινολικές ενώσεις που περιέχει. Οι φαινόλες έχουν τη δυνατότητα να εισχωρούν στην κυτταροπλασματική μεμβράνη και να προσβάλλουν τα ένζυμα του μεταβολισμού του μικροβιακού κυττάρου. Οι κυριότερες φαινόλες του αιθερίου ελαίου της ριγανής είναι η καρβακρόλη και η

θυμόλη. Λόγω της λιποφιλικής της ιδιότητας η καρβακρόλη απορροφάται από τα φωσφολιπίδια της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα τη διατάραξη της δομής της μεμβράνης και την απώλεια των ζωτικών κυτταρικών. Η καρβακρόλη δρα επίσης εναντίον των μικροοργανισμών, προκαλώντας μείωση του ενδοκυτταρικού ATP, του καλίου και της τιμής του pH. Η καρβακρόλη παρουσιάζει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση τόσο κατά των σπόρων όσο και κατά των βλαστικών κυττάρων του *Bacillus cereus* [112].

Ο Lin και οι συνεργάτες του (2005) βρήκαν ότι εκχύλισμα ρίγανης με συγκέντρωση φαινολικών συστατικών 0,1mg/mL μείωσε τους πληθυσμούς *V. Parahaemolyticus* σε ζωμό TSB μετά από επώαση στους 30 °C για 10 h σε σχέση με τους μάρτυρες. Στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι μείωσε κατά 1 log cfu/g τον αρχικό πληθυσμό) (10^3 log CFU/ g) του *V. Parahaemolyticus* σε φιλέτα μπακαλιάρου και σε γαρίδες μετά από συντήρηση των δειγμάτων στους 4 °C για 8 ημέρες [112].

Αντιμυκητιακή δράση

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης έχει επίσης αντιμυκητιακή δράση. Το αιθέριο έλαιο ρίγανης έχει αποδειχτεί ότι διαθέτει ανασταλτική δράση στην ανάπτυξη *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* και *Penicillium spp.* Η παραγωγή των μυκοτοξινών και ειδικότερα των αφλατοξινών στα τρόφιμα περιορίστηκε σε μεγάλο βαθμό με την προσθήκη αιθερίου ελαίου ρίγανης. Αυτή η παρατήρηση αποδόθηκε στη δημιουργία δεσμών υδρογόνου με ενεργά ένζυμα των μυκήτων *Aspergillus spp.* που οδηγούν σε απενεργοποίηση της παραγωγής των αφλατοξινών. Αιθέριο έλαιο ρίγανης σε συγκέντρωση 2μL/mL ανέστειλε πλήρως την ανάπτυξη *Aspergillus paraciticus* και περιόρισε την παραγωγή αφλατοξινών *in vitro*.

Οι Ozcan και Osman (2001) αναφέρουν ότι ρίγανη σε συγκέντρωση 15% σε θρεπτικό υπόστρωμα κατάφερε να αναστείλει όλους τους μύκητες και τις ζύμες [112].

Αντιοξειδωτική δράση

Η ρίγανη είναι μία φυσική αντιοξειδωτική ουσία οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ρίγανης οφείλονται σε μεγάλο ποσοστό στις φαινόλες της και κυρίως στην καρβακρόλη και στη θυμόλη [113]. Άλλες χημικές ενώσεις του αιθερίου ελαίου της ρίγανης. Όπως το ροσμαρινικό οξύ, συντελούν επίσης στην αντιοξειδωτική αυτή

συμπεριφορά. Η ρίγανη βρέθηκε ότι εμποδίζει την οξείδωση του λίπους σε διάφορα τρόφιμα και ζωικά λίπη [114].

6.4.2 Αιθέριο έλαιο Κοριανδρου

Ο κοριανδρος ανήκει στην οικογένεια των καροτιτινειδών (Umbelliferae) και θεωρείται βότανο και μπαχαρικό καθώς τα φύλλα και οι σπόροι του χρησιμοποιούνται ως καρυκεύματα. Τα φρέσκα φύλλα κοριανδρου είναι περισσότερο γνωστά ως κόλιαντρος και μοιάζουν ιδιαίτερα με τα φύλλα του ιταλικού μαϊντανού (*Eryngium foetidum*). Η ρίζα, το στέλεχος και τα φύλλα έχουν μια ευχάριστη αρωματική οσμή, και χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρασκευή σαλτσών. Οι σπόροι χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρασκευή καρυκεύματος κάρυ όπως επίσης και για την παρασκευή ζαχαροπλαστικών προϊόντων όπως μπισκότα, κουλούρια, κέικ αλλά και ποτών όπως το τζιν. Καλλιεργείται εκτενώς σε χώρες της Νότιας Ασίας, στην Κεντρική Ευρώπη και στις χώρες της Μεσογείου. Οι κύριοι εμπορικοί παραγωγοί κοριανδρου είναι τα μέλη της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης, η Ουγγαρία, η Πολωνία, Ρουμανία, Τσεχία, Σλοβακία, Μαρόκο, Καναδάς, Ινδία, Πακιστάν, Ιράν, Τουρκία, Γουατεμάλα, Μεξικό και Αργεντινή. Έρευνες έχουν δείξει ότι ο κόλιανδρος βοηθά στον έλεγχο της γλυκόζης του αίματος, της χοληστερόλης και της παραγωγής ελεύθερων ριζών. Το έλαιο και οι ελαιορητίνες είναι νέα προϊόντα προστιθέμενης αξίας που λαμβάνονται από σπόρους κόλιανδρου και έχουν υψηλή ζήτηση στις αγορές. Το έλαιο χρησιμοποιείται κυρίως σε υδατικά διαλύματα [115] [106].

Χρήση και εφαρμογές

Το φυτό του κοριανδρου είναι ένα πολύτιμο φαρμακευτικό φυτό. Όλα τα μέρη του φυτού χρησιμοποιούνται ως παραδοσιακά φάρμακα για τη θεραπεία διαφόρων διαταραχών. Είναι μια πιθανή πηγή λιπιδίων (πλούσιο σε πετροσελινικό οξύ) και ενός αιθερίου ελαίου (υψηλή περιεκτικότητα σε Linalool) που απομονώνεται από τους σπόρους. Λόγω της παρουσίας αρκετών βιοδραστικών συστατικών, έχουν αποδοθεί ευρείες φαρμακολογικές δραστηριότητες. Ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα βιοδραστικά συστατικά που υπάρχουν στο αιθέριο έλαιο είναι αντιμικροβιακά, αντιοξειδωτικά, αντιδιαβητικά, αγχολυτικά, αντιεπιληπτικά,

αντικαταθλιπτικά, αντιμυκητιακά, αντιφλεγμονώδη, αντιδιαλυτικά, αντιϋπερτασικά, νευροπροστατευτικά και διουρητικά [116].

Αντιοξειδωτική δράση και Διατήρηση των Τροφίμων

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια είναι καλύτερα φυσικά αντιοξειδωτικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο των χημικών (συνθετικών) αντιοξειδωτικών στη διατήρηση των τροφίμων. Οι Misharina και Polshkon (2005) έδειξαν ότι το μίγμα των αιθερίων ελαίων από δάφνη και κορίανδρο έχει αντιοξειδωτικές και ανέστειλε έντονα την οξείδωση των συστατικών του ελαίου μάραθου κατά τη διάρκεια διαφόρων συνθηκών αποθήκευσης. Ομοίως, οι Ramadan και Wahdan (2012) προετοίμασαν μίγματα ελαίων μαύρου κύμινου, σπόρου κοριανδρου με έλαιο καλαμποκιού. Τα αποτελέσματα των μελετών τους έδειξαν ότι η σταθερότητα του μείγματος των ελαίων ήταν καλύτερη από αυτή του αρχικού ελαίου, εξαιτίας των μεταβολών στα λιπαρά οξέα και της τοκοφερόλης και των μικρών βιοδραστικών λιπιδίων που βρέθηκαν στα έλαια του κοριανδρου και του μαύρου κύμινου.

Η αντιοξειδωτική δράση του αιθερίου ελαίου κοριανδρου έχει μελετηθεί και συγκριθεί με άλλα αιθέρια έλαια. Ο Teixeira et al. (2013) έδειξαν ότι το έλαιο κοριανδρου παρουσιάζει πολύ μικρή αντιοξειδωτική δράση σε σύγκριση με άλλα αιθέρια έλαια. Σε αντίθεση με αυτά τα αποτελέσματα ο Chaudhary et al. (2013) έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο κοριανδρου παρουσιάζει υψηλή δραστηριότητα δέσμευσης ριζών DPPH [116].

Αντιβακτηριακές και αντιμυκητιακές εφαρμογές

Στη βιομηχανία τροφίμων, η ποιότητα και η ασφάλεια των παρασκευασμένων ή επεξεργασμένων τροφίμων είναι πρωταρχικής σημασίας. Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στα τρόφιμα μπορούν να οδηγήσουν στην αλλοίωση και την υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων διατροφής και αν καταναλωθούν από τον άνθρωπο μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση και ασθένεια. Έτσι, οι κατασκευαστές τροφίμων προσπαθούν να μειώσουν ή καλύτερα να εξαλείψουν τους μικροοργανισμούς από τα τρόφιμα. Εκτιμάται ότι περίπου το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων χάνεται ετησίως λόγω μικροβιακής αλλοίωσης ή μόλυνσης [114]. Το αιθέριο έλαιο που προέρχεται από τον κορίανδρο έχει αναφερθεί ότι παρουσιάζει εξαιρετικά καλές αντιμικροβιακές δράσεις κατά των βακτηρίων, των ζυμών, των μυκήτων και των ιών.

Αυτό το αιθέριο έλαιο και τα διάφορα κλασματικά αποστάγματα ήταν αποτελεσματικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες ιδιαίτερα κατά της *Listeria monocytogenes*, λόγω της παρουσίας αλκοολών και αλδεϋδών μακράς αλυσίδας. Η ανάμιξη διαφορετικών κλασμάτων έδειξε πρόσθετες συνεργιστικές ή ανταγωνιστικές επιδράσεις κατά μεμονωμένων μικροοργανισμών [115]. Παρομοίως ο *Metasyoh* και οι συνεργάτες του (2009) έλαβαν αιθέριο έλαιο από τα φύλλα του κοριανδρου με υδρομεθυλίωση για τον έλεγχο *in vitro* της αντιμικροβιακής του δράσης. Το έλαιο αποτελείται κυρίως από αλδεϋδες και αλκοόλες σε ποσοστό 56,1% και 46,3% αντίστοιχα. Το εκχυλισμένο έλαιο υποβλήθηκε σε έλεγχο της αντιμικροβιακής του δράσης έναντι των θετικών Gram βακτηρίων (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus spp.*) και των κατά Gram αρνητικών βακτηρίων (*E-coli*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosae*) και ενός παθογόνου μύκητα *Candida albicans*. Όπως αποδείχτηκε μόνο ο *P. aeruginosae* προέβαλε αντίσταση στο αιθέριο έλαιο κοριανδρου, ενώ τα υπόλοιπα βακτήρια επηρεάστηκαν ιδιαίτερω [117].

6.4.3 Αιθέριο έλαιο Μάραθου

Ο μάραθος λαμβάνεται από τους ξηραμένους ώριμους καρπούς του *Foeniculum vulgare*. Απαντάται στις μεσογειακές χώρες ενώ σε μεγάλο βαθμό καλλιεργείται στη Ρουμανία, τη Ρωσία, τη Γερμανία, τη Γαλλία, την Ινδία και την Ιαπωνία [118].

Οι σπόροι μάραθου μοιάζουν με γλυκάνισο και κόμινο στη γεύση για αυτό και ορισμένες κουλτούρες και ιδιαίτερα της Ασίας τους χρησιμοποιούν αδιακρίτως. Στην Ινδία ο μάραθος θεωρείται ότι αποτελεί μία ποικιλία γλυκάνισου (που στα Χίντι ονομάζεται *saunf*). Στην πραγματικότητα η ονομασία του μάραθου στα Χίντι σημαίνει μεγάλος, παχύς σπόρος γλυκάνισου. Οι Ινδονήσιοι σκέφτονται το μάραθο ως μία ποικιλία κόμινου και τον αποκαλούν *jintan manis*, που σημαίνει «γλυκό κόμινο» [119].

Για τους αρχαίους Έλληνες ο μάραθος αντιπροσώπευε την επιτυχία για αυτό και η ονομασία «Μαραθώνας» προς τιμήν της νίκης των Ελλήνων στη μάχη με τους Πέρσες το 490 π.Χ. Ο μάραθος αποτελούσε επίσης ένα σύμβολο επιτυχίας και για τους Ρωμαίους. Χρησιμοποιούσαν όλα τα μέρη του φυτού ως συστατικά στα τρόφιμα και ως φάρμακο για την καταπολέμηση ασθενειών. Κατά τη διάρκεια του δέκατου τρίτου αιώνα στην Αγγλία, ο μάραθος χαρακτηρίστηκε ως βασιλικό καρύκευμα και

σερβιριζόταν στο βασιλιά σε μορφή σπόρων μαζί με φρούτα, ψωμί και μαριναρισμένα ψάρια [119].

Εφαρμογές στη διατήρηση τροφίμων

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές το αιθέριο έλαιο από τα φύλλα μάραθου παρουσιάζουν αντιμυκητιακές και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Προκειμένου να αποδειχτεί αυτό πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα από τον Adju και τους συνεργάτες του (2013) όπου αξιολογήθηκε η επίδραση του αιθερίου ελαίου γλυκού μάραθου στον πληθυσμό των μυκήτων *Flora* και *Aspergillus Flavi* σε αποθηκευμένα φιστίκια. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο παρουσίασε έντονη αντιμυκητιακή δραστηριότητα έναντι της ανάπτυξης των *Aspergillus parasiticus* και *Aspergillus flavus*. Επιπλέον, η ανάπτυξη μυκηλίων μειώθηκε σημαντικά με την αυξανόμενη συγκέντρωση αιθερίου ελαίου. Το αιθέριο έλαιο έδειξε καλύτερη δραστηριότητα στην ανάπτυξη των μυκηλίων των *A. Ochraceus* και *F. Oxysporum* από ότι στην ανάπτυξη των *A. Parasiticus* και *A. Flavi*. Το αιθέριο του γλυκού μάραθου, με την αντιμυκητιακή δράση και τις ανασταλτικές ιδιότητες στην ανάπτυξη των μυκοτοξινών, προσφέρει μία νέα προσέγγιση στη διαχείριση της αποθήκευσης, καθώς παρέχει τη δυνατότητα πρόληψης της μόλυνσης από μούχλα [118].

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Houinsou και τους συνεργάτες του (2012) διαπιστώθηκε ότι το αιθέριο έλαιο μάραθου έχει ισχυρή αντιμικροβιακή δραστηριότητα έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στην τομάτα. Πιο συγκεκριμένα αποδείχτηκε ότι παρουσιάζει έντονη αντιμικροβιακή δράση έναντι κάποιων μυκήτων (*Aspergillus niger*, *F. oxysporum*, *Fusarium graminearum* και *Fusarium roae*) και των βακτηρίων (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*). Επομένως, το αιθέριο έλαιο μάραθου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καλό συντηρητικό για τη μείωση των απωλειών μετά τη συγκομιδή [118].

Η αποτελεσματικότητα του αιθερίου ελαίου μάραθου διερευνήθηκε επίσης και στον τομέα διατήρησης των αλιευτικών προϊόντων. Το κάπνισμα είναι μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση των ψαριών. Ωστόσο, παρά τις προσπάθειες που έγιναν για τη διατήρηση των ψαριών μέσω καπνίσματος, το πρόβλημα δεν αντιμετωπίστηκε λόγω της μικροβιακής ανάπτυξης. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό ο Degnon et al. (2013) αξιολόγησε την ποιότητα

του καπνιστού σκουμπριού στην αλυσίδα της επεξεργασίας, για να εντοπίσει τους λόγους ανάπτυξης της μικροβιακής χλωρίδας. Παρατηρήθηκε ότι στα καπνιστά ψάρια που διατηρήθηκαν με αιθέριο έλαιο μάραθου δεν ανιχνεύτηκε κάποια ορατή ανάπτυξη βακτηρίων ή μυκήτων μετά από πέντε μέρες αποθήκευσης. Η διατήρηση καπνιστών ψαριών με την ενσωμάτωση αιθερίου ελαίου αύξησε τη διάρκεια ζωής του προϊόντος [118].

6.4.4 Αιθέριο έλαιο λεμονιού

Το λεμόνι είναι ένα φυτό με άνθη που ανήκει στην οικογένεια Rutaceae. Είναι ένα μικρό αιθαλές δέντρο που προέρχεται από την Ασία. Οι περισσότερες ποικιλίες λεμονιού είναι ελλειψοειδή κίτρινα φρούτα. Το λεμόνι θεωρείται ως βασικό εσπεριδοειδές μετά τα πορτοκάλια και τα μανταρινία. Η λέξη λεμόνι προέρχεται από τα αρχαία Γαλλικά γνωστό ως "limon". Στην Ιταλία επίσης έχει διαφορετικό όνομα "limone" [120].

Το λεμόνι πρωτοεμφανίστηκε στη Νοτιανατολική Ασία. Στη συνέχεια εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο, ιδιαίτερα στη Βορειανατολική Ινδία, τη Βερμανία και την Κίνα. Από την αρχαιότητα τα εσπεριδοειδή, ειδικά το λεμόνι έχουν καλλιεργηθεί σε όλο το κόσμο. Τώρα καλλιεργείται εμπορικά παγκοσμίως λόγω της φαρμακευτικής του σημασίας. Το αιθέριο έλαιο λεμονιού έδειξε μυκητο-τοξικότητα έναντι κάποιων μυκήτων. Τα ακατέργαστα εκχυλίσματα από διάφορα μέρη του λεμονιού έδειξαν αντικαρκινική και αντιβακτηριακή δραστηριότητα. Στο Ομάν, το λεμόνι είναι διάσημη καλλιέργεια και είναι τελείως διαφορετική από τις άλλες ποικιλίες λεμονιών που υπάρχουν στον κόσμο. Περιέχει μεγάλη ποσότητα κιτρικού οξέος και χυμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των χημικών ενώσεων των λεμονιών ανήκουν στην κατηγορία των αλκαλοειδών. Ομοίως, το αιθέριο έλαιο του λεμονιού από το Ομάν, αποτελείται από λιμονένιο (53,57%), α-τερπινεόλη (14,69%), β-πινένιο (8,23%), α-πινένιο (1,84%), β-τερπεινολένιο (4,33%), τερπινεν-4-όλη (3,38%), κυμένιο (1,80%), και β-δισαβολένιο (1,43%) [120].

Εφαρμογές στη διατήρηση τροφίμων

Το γλυκό αιθέριο έλαιο σε συγκεντρώσεις 2 mg/mL και 0,5mg/mL έδωσε πολύ μικρή αντιμικροβιακή δράση έναντι του E. coli. Παρόλα αυτά έδωσε υψηλή δραστηριότητα έναντι του S. aureus σε συγκέντρωση 2 mg/mL. Παρομοίως το πικρό

έλαιο λεμονιού έδωσε μικρή αντιμικροβιακή δραστικότητα έναντι των *E. coli* και *P. Aeruginosa* σε συγκέντρωση 2 mg/mL. [120].

6.5 Ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε εδώδιμες μεμβράνες

Η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών για την προστασία και τη συντήρηση των τροφίμων εφαρμόζεται ευρέως εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων τους έναντι των συνθετικών υλικών, όπως το γεγονός ότι είναι βιοδιασπώμενα και φιλικά προς το περιβάλλον.

Οι μελέτες της δράσης των ενσωματωμένων φυσικών αντιμικροβιακών στις εδώδιμες μεμβράνες είναι όλο και περισσότερες. Οι επικαλυπτικές μεμβράνες (φιλμ) επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής και διατηρούν την ποιότητα στα τρόφιμα εμποδίζοντας τη μικροβιολογική ανάπτυξη και αλλοίωση αυτών.

Η ικανότητα των εδώδιμων επικαλύψεων να επιβραδύνουν τη διαπερατότητα του οξυγόνου, της υγρασίας και των αρωματικών ουσιών του τροφίμου ενισχύεται με την προσθήκη σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών. Δεδομένου ότι οι καταναλωτές ζητούν όλο και λιγότερα χημικά συστατικά για τη διατήρηση των τροφίμων, έχει στραφεί η προσοχή των επιστημών προς την αναζήτηση της δράσης αυτών των εναλλακτικών αντιμικροβιακών ουσιών.

Όταν οι εδώδιμες μεμβράνες εμπλουτίζονται με εκχυλίσματα φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών οι θερμοκρασίες ξήρανσης που εφαρμόζονται για το σχηματισμό της μεμβράνης είναι ιδιαίτερα υψηλές ώστε να εξατμιστεί υψηλό ποσοστό των αρωματικών συστατικών των εκχυλισμάτων [121].

Στα ιχθυρά όπως και στα προϊόντα με βάση το κρέας, η υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά μειώνει την αποτελεσματικότητα των αιθερίων ελαίων. Ο μάραθος, το κυπαρίσσι, η λεβάντα, το θυμάρι, το πεύκο και το δεντρολίβανο εξετάστηκαν για την αντιμικροβιακή τους δράση ως προς *L.monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *E.coli* και *S. Aureus* ενσωματωμένα σε άγαρ. Η χρήση των αιθερίων ελαίων που προστέθηκαν σε εδώδιμη μεμβράνη, σε συσκευασίες MAP ή κενού προτάθηκαν για τη βελτίωση της διάρκειας ζωής των ιχθυρών. Σε μελέτη μάλιστα που πραγματοποιήθηκε σε σαρδέλες αποδείχτηκε ότι η προσθήκη αλατιού όπως επίσης και αιθερίου ελαίου λεμονιού μείωσε τις συγκεντρώσεις σχεδόν όλων των μικροβιακών ομάδων. Η προσθήκη του αιθερίου ελαίου προκάλεσε την μείωση των εντεροβακτηρίων όπως επίσης και του σταφυλόκοκκου σε μία μεγάλη τάξη μεγέθους [118] [123]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Πειραματικό μέρος

7.1 Σκοπός

Τα πειράματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης ορισμένων εδώδιμων επικαλύψεων με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών στη διατήρηση γαρίδας σε ψύξη μέσω της χρονικής εξέλιξης της μικροβιακής αλλοίωσης και της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών, της υφής και του χρώματος σε γαρίδες.

Συγκεκριμένα, οι εδώδιμες μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν, είναι η χιτοζάνη, το CMC, η πηκτίνη, το αλγινικό νάτριο και το HPMC. Επιπλέον, οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες που ενσωματώθηκαν στο διάλυμα της χιτοζάνης είναι έλαιο ρίγανης, έλαιο κορίανδρου, έλαιο λεμονιού και το έλαιο μάραθου.

7.2 Συσκευές, όργανα και υλικά

7.2.1 Υλικά

Για την παρασκευή των δειγμάτων γαρίδων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Γαρίδες εμπορίου φρέσκοιες
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Chitosan (Aldrich Chemistry)
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Carboxymethylcellulose (CMC)
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) (F4MFG(464), Methocel Food Grade)
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Citrus pectin
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Αλγινικό Νάτριο
- Έλαιο κορίανδρου
- Έλαιο ρίγανης (VIORYL)
- Έλαιο λεμονιού (VIORYL)
- Έλαιο μάραθου (Anise Fennel)
- Υλικό συσκευασιών

- Υπόστρωμα Plate-Count Agar (PCA) (για τις μικροβιολογικές αναλύσεις).
- Διάλυμα θειικού οξέος (H₂SO₄) 0,025M
- Διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) 10% w/v
- Διάλυμα τριχλωροξικού οξέος (TCA) 6% w/v
- Φορμαλδεΐδη
- Διάλυμα βορικού οξέος 2% w/v
- Χρωστική methyl red
- Bromothymol Blue
- Bromocresol Green
- Αιθυλική αλκόολη
- Διάλυμα θειοβαρβιτουρικού οξέος 0,2% w/v
- Καθαρή βουτανόλη
- Απιονισμένο νερό

7.2.2 Όργανα & Συσκευές

Επίσης για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα:

- Ψυγείο στους 4 °C και καταψύκτης στους -40 °C.
- Αναλυτικός ζυγός δύο δεκαδικών ψηφίων KERN S72
- Ηλεκτρικό ραβδο-μπλτενερ (Izzy).
- Συσκευή θερμοκόλλησης συσκευασιών.
- Αποστειρωτήρας SANYO Labo Autoclave
- Υδατόλουτρο (Kotterman).
- Ηλεκτρονικό pH-μετρο WTW pH315i
- Συσκευή Προσδιορισμού αζώτου Kjeldahl BUCHI K-350
- Συσκευή ομογενοποίησης (Stomacher BagMixer της Interscience).
- Θάλαμος σταθερής θερμοκρασίας.
- Γυάλινα σκεύη (ποτήρια ζέσεως, κωνικές φιάλες, ογκομετρικός κύλινδρος). (50 & 500 mL), προχοϊδα, σιφώνιο)
- Καμινέτο γκαζιού.
- Ψεκαστήρας με οινόπνευμα.

- Τρυβλία για μικροβιολογικές αναλύσεις.
- Ειδικές αποστειρωμένες σακούλες για ομογενοποίηση.
- Αποστειρωμένα σωληνάκια των 10 mL με αντίστοιχο στατό.
- Πουάρ.
- 2 Πιπέτες των 1000 µL και 100 µL με τα αντίστοιχα tips.
- Αλουμινόχαρτο και κολλητική ταινία.

Τέλος για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών υψής χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υψής TA-XT2 (Stable Micro Systems) με τα στελέχη TA-4 (κοπίδι) και τον κύλινδρο, ενώ για τις αναλύσεις χρώματος χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο CR-200 (Konica-Minolta).

7.3 Πειραματική διαδικασία

Κατά την παραλαβή τους οι γαρίδες χωρίζονται σε συσκευασίες του 0,5kg και τοποθετούνται σε καταψύκτη. Για την παρασκευή του δείγματος αφήνονται οι γαρίδες να αποψυχθούν. Δημιουργούνται δείγματα γαρίδων τα οποία επικαλύπτονται με μεμβράνη χιτοζάνης (CH-T). Για τη μελέτη των υπόλοιπων μεμβρανών (CMC, πηκτίνη, αλγινικό νάτριο, HPMC) ακολουθείται η ίδια διαδικασία και δημιουργούνται αντίστοιχα τα δείγματα CMC-T, P-T, AL-T και HPMC-T. Επίσης, δημιουργούνται δείγματα γαρίδων τα οποία επικαλύπτονται με εδώδιμη μεμβράνη χιτοζάνης στην οποία έχουν ενσωματωθεί φυσικά αντιμικροβιακά (έλαιο ριγανη, κορίανδρος, λεμόνι, μάραθος). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται τα δείγματα με έλαιο ριγανης (CH-O), κορίανδρου (CH-K), λεμονιού (CH-L) και μάραθου (CH-F).

7.3.1 Παρασκευή ομάδας δειγμάτων

Οι γαρίδες, αφού αποψυχθούν τοποθετούνται πάνω σε μία σχάρα και με τη βοήθεια απορροφητικού χαρτιού απομακρύνεται η περίσσεια υγρασίας.

Ακολούθως παρασκευάζεται το διάλυμα των επικαλυπτικών εδωδιμων μεμβρανών, όπου θα εμβαπτιστούν τα δείγματα.

Χιτοζάνη (Chitosan)

Διαλύονται, σε 100 mL απιονισμένου νερού, 4 mL οξικού οξέος. Ακολουθεί προσθήκη νερού ως τα 400 mL. Έπειτα, προστίθενται 3,2 g χιτοζάνης και το διάλυμα αναδεύεται με μαγνητικό αναδευτήρα όλη τη νύχτα.

Η προσθήκη του εκχυλίσματος στις εδώδιμες μεμβράνες γίνεται σε ποσοστό 1% κατ' όγκο του διαλύματος της μεμβράνης. Έτσι, το εκχύλισμα προστίθεται σε κάθε διάλυμα αντίστοιχα και η ανάδευση συνεχίζεται για 3-5 min.

CMC 1% w/v

Για την παρασκευή 400 mL του επικαλυπτικού του CMC αρχικά θερμαίνεται η μισή περίπου ποσότητα της συνολικής ποσότητας διαλύτη (απιονισμένου νερού) και υπό συνεχή ανάδευση διαλύεται σε αυτό 4 g CMC. Τέλος, προστίθεται η εναπομένουσα ποσότητα απιονισμένου νερού υπό ανάδευση.

Πηκτίνη 1% w/v

Για την παρασκευή 400 mL του επικαλυπτικού διαλύματος πηκτίνης αρχικά θερμαίνεται η μισή περίπου ποσότητα της συνολικής ποσότητας διαλύτη (απιονισμένου νερού) και υπό συνεχή ανάδευση διαλύεται σε αυτό 4 g πηκτίνης. Τέλος, προστίθεται η εναπομένουσα ποσότητα απιονισμένου νερού και η ανάδευση συνεχίζεται μέχρι να διαλυθεί πλήρως η πηκτίνη.

Αλγινικό νάτριο 1% w/v

Για την παρασκευή 400 mL του επικαλυπτικού διαλύματος αλγινικού νατρίου αρχικά θερμαίνεται η μισή ποσότητα της συνολικής ποσότητας διαλύτη (απιονισμένου νερού) και υπό συνεχή ανάδευση διαλύεται σε αυτό 4 g άλατος αλγινικού νατρίου. Τέλος, προστίθεται η εναπομένουσα ποσότητα απιονισμένου νερού και το διάλυμα αναδεύεται σε μαγνητικό αναδευτήρα μέχρι την πλήρη διάλυση.

HPMC 1% w/v

Για την παρασκευή 400 mL του επικαλυπτικού HPMC αρχικά θερμαίνεται η μισή ποσότητα της συνολικής ποσότητας διαλύτη (απιονισμένου νερού) και υπό συνεχή ανάδευση διαλύεται σε αυτό 4 g HPMC. Τέλος, προστίθεται η εναπομένουσα

ποσότητα απιονισμένου νερού και η ανάδευση συνεχίζεται όλη τη νύχτα μέχρι να διαλυθεί πλήρως.

Τα δείγματα εμβαπτίζονται σε κάθε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης για περίπου 4-5 min, τοποθετούνται σε σχάρες, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα, ώστε να στραγγίσουν και αφήνονται εκεί μέχρι να ολοκληρωθεί η επιφανειακή ξήρανσή τους και να στεγνώσουν επιφανειακά.



Εικόνα 2 Επιφανειακή Ξήρανση γαρίδων

Ακολουθεί η συσκευασία των δειγμάτων που γίνεται σε πλαστικές συσκευασίες και τοποθετούνται στο ψυγείο των 4 °C. Τη στιγμή της εισόδου τους στα ψυγεία καταγράφεται ότι τα δείγματα βρίσκονται στη 0^η ημέρα.

Θεωρήθηκε ότι το περιεχόμενο των συσκευασιών, και ιδιαίτερα το μικροβιακό τους φορτίο ήταν κατά μέσο ισοδύναμο. Ακόμη, θεωρήθηκε ότι τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων που ανήκουν στην ίδια ομάδα εξελίσσονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο.

Στα δείγματα πραγματοποιήθηκαν ανά τακτά χρονικά διαστήματα μικροβιολογικές αναλύσεις, καθώς και μετρήσεις της υφής, του χρώματος (της επιφάνειας των δειγμάτων), της απώλειας βάρους, του pH, της τριμεθυλαμίνης (TMA) και του ολικού οργανικού βασικού αζώτου (TVBN) και τουθειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA). Τέλος πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των αποτελεσμάτων με τη βοήθεια του προγράμματος Statistica (StatSoft®), ώστε να εντοπιστούν τυχόν διαφορές σε όλες τις μετρήσεις μεταξύ των δειγμάτων με διαφορετική επικαλυπτική μεμβράνη και διαφορετική προσθετική ουσία και διαφορετικό χρόνο.

7.4 Μετρήσεις & Αναλύσεις

Στα δείγματα πραγματοποιήθηκαν μικροβιολογικές αναλύσεις με τη μέθοδο της ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε τρυβλία με υπόστρωμα PCA (Plate-Count Agar για Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα) και την τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων, ανάλυση υφής στον αναλυτή υφής TA-XT2 (Stable Micro Systems), ανάλυση χρώματος με το χρωματόμετρο CR-200 (Konica-Minolta), μέτρηση του pH, προσδιορισμός της περιεχόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) και του ολικού οργανικού

βασικού αζώτου (TVBN) με τη βοήθεια της απόσταξης Kjeldahl και έγινε προσδιορισμός του θειοβαρβιτουρικού οξέος με φωτομετρική μέθοδο.

Μικροβιολογικές αναλύσεις

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε ειδικό πάγκο εργασίας με τη μέθοδο της ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε τρυβλία με θρεπτικό υπόστρωμα και την τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων.

- *Προετοιμασία του ειδικού πάγκου εργασίας*

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν αξιόπιστες μικροβιολογικές αναλύσεις σε οποιοδήποτε τρόφιμο, είναι απαραίτητο να επιτευχθούν ασηπτικές συνθήκες τόσο στον ειδικό πάγκο εργασίας όσο και στον περιβάλλοντα χώρο γύρω από αυτόν. Για το σκοπό αυτό ο πάγκος εργασίας ήταν κλειστός με απαγωγό αερίων και αποστειρωνόταν με οινόπνευμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Πριν την έναρξη των πειραμάτων ο πάγκος αποστειρωνόταν πάντα με οινόπνευμα και κατά τη διάρκεια των μικροβιολογικών αναλύσεων διατηρείτο αναμμένη φλόγα με τη βοήθεια ενός καμινέτου, προκειμένου να διατηρηθούν οι ασηπτικές συνθήκες στον πάγκο κατά τη διάρκεια των αναλύσεων.

- *Παρασκευή και αποστείρωση του υποστρώματος*

Όσον αφορά τα θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τις μικροβιολογικές των τροφίμων, χρησιμοποιείται υπόστρωμα με τα κατάλληλα θρεπτικά υλικά για την ανάπτυξη συγκεκριμένων μικροοργανισμών. Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν μετρήθηκε η ολική μικροβιακή χλωρίδα των δειγμάτων με το μη επιλεκτικό υπόστρωμα Plate-Count Agar. Κατά τη δειγματοληψία και την τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων χρησιμοποιήθηκε ως διαλύτης ο ορός Ringer.

Αφού παρασκευαστούν τα διαλύματα σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται εισάγονται σε ειδικά γυάλινα δοχεία και αναδεύονται ελαφρά, για να ομογενοποιηθούν και τοποθετούνται στον αποστειρωτήρα μαζί με το σιφώνιο των 10 mL και τα tips (τα οποία καλύπτονται με αλουμινόχαρτο). Η αποστείρωση πραγματοποιείται στους 120 °C και διαρκεί περίπου 1:30 h.

Μετά το πέρας της αποστείρωσης το υπόστρωμα τοποθετείται στο υδατόλουτρο και αφήνεται να κρυώσει μέχρι περίπου τους 55 °C, ενώ ο ορός Ringer, το σιφώνιο και τα tips αφήνονται να κρυώσουν στον πάγκο εργασίας. Προκειμένου να γίνουν

οι αναλύσεις αρχικά στους αποστειρωμένους δοκιμαστικούς σωλήνες τοποθετούνται 9 mL ορού Ringer με τη βοήθεια του αποστειρωμένου σιφωνίου και του πουάρ. Κατόπιν, το υπόστρωμα της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (PCA) μοιράζεται στα τρυβλία και αφήνεται μέχρι να σταθεροποιηθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι απαραίτητο αυτές οι διαδικασίες να πραγματοποιούνται κοντά στη φλόγα, ώστε να επιτυγχάνονται όσο το δυνατόν οι επιθυμητές ασηπτικές συνθήκες.

- *Δειγματοληψία*

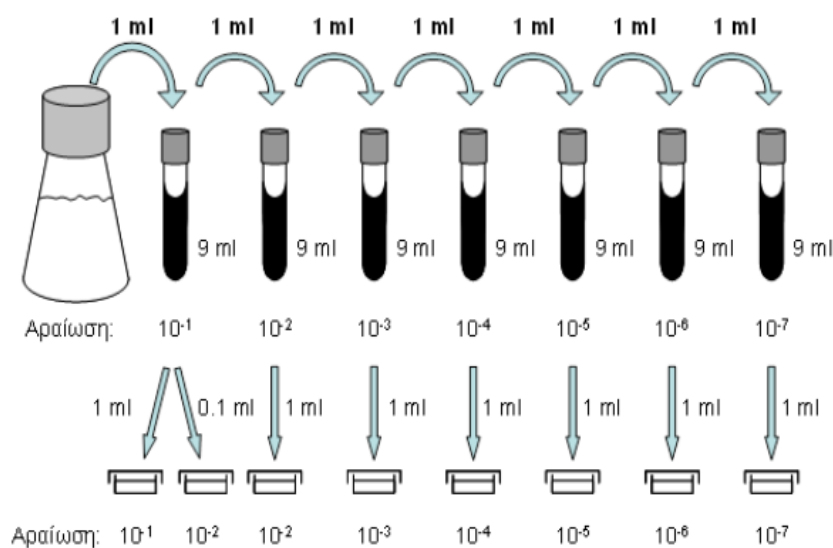
Αρχικά τοποθετείται στον πάγκο εργασίας ένας αναλυτικός ζυγός, αφού έχει απολυμανθεί με οινόπνευμα. Πάνω σε αυτόν τοποθετείται ένα μεγάλο ποτήρι ζέσεως και μέσα σε αυτό μία ειδικά αποστειρωμένη σακούλα η οποία έχει ανοιχτεί με προσοχή χωρίς να έρθουν σε επαφή τα χέρια με την εσωτερική επιφάνεια, ώστε να μην υπάρξει επιμόλυνση του εσωτερικού της.

Τα αρχικά βήματα για να ξεκινήσει η δειγματοληψία είναι η απολύμανση τόσο των χεριών όσο και του μαχαιριού με οινόπνευμα και την ανάφλεξη του τελευταίου με τη χρήση του καμινέτου. Κατόπιν ανοίγεται το δείγμα όσο το δυνατόν κοντά στη φλόγα, ώστε να διατηρηθούν όσο το δυνατόν ασηπτικές συνθήκες. Με τη βοήθεια του μαχαιριού τοποθετούνται στη σακούλα 10 g δείγματος και ακολούθως συμπληρώνονται 90 mL ορού Ringer, έτσι ώστε να επιτευχθεί αραιώση 1:10. Η σακούλα στη συνέχεια κλείνεται και μεταφέρεται στον ομογενοποιητή όπου και ομογενοποιείται για 1min.

- *Τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων*

Οι δοκιμαστικοί σωλήνες που περιέχουν 9 mL ορού Ringer τοποθετούνται στο στατό στη σειρά. Το ομογενοποιημένο διάλυμα της σακούλας χαρακτηρίζεται ως 10^{-1} . Από το ομογενοποιημένο διάλυμα της σακούλας και με τη βοήθεια της πιπέτας λαμβάνεται και μεταφέρεται στον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα 1 mL δείγματος. Όπως και όλες οι άλλες διαδικασίες πραγματοποιείται όσο το δυνατόν πιο κοντά στη φλόγα, και το μίγμα πωπατίζεται και αναδεύεται καλά. Το ομογενοποιημένο διάλυμα του 1^{ου} δοκιμαστικού σωλήνα χαρακτηρίζεται ως 10^{-2} καθώς κάθε 1 mL από αυτό το διάλυμα περιέχει 0,01 του αρχικού δείγματος. Στη συνέχεια μεταφέρεται 1mL από τον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα στο δεύτερο, το διάλυμα αυτό αναδεύεται και χαρακτηρίζεται ως 10^{-3} καθώς 1mL από αυτό το διάλυμα περιέχει 0,001 mL του αρχικού δείγματος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για τέτοιο αριθμό

αραιώσεων ανάλογα με την αλλοίωση του προϊόντος. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται σχηματικά η τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων:



Εικόνα 3 Σχηματική απεικόνιση της τεχνικής των διαδοχικών αραιώσεων

- *Ανάπτυξη μικροοργανισμών στο μη επιλεκτικό υπόστρωμα PCA*

Το θρεπτικό υλικό διανεμήθηκε από πριν στα τρυβλία και αφέθηκε να στερεοποιηθεί, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Με τη χρήση της πιπέτας και του αντίστοιχου αποστειρωμένου tip λαμβάνονται 0,1 mL από το διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα και τοποθετείται σε τρυβλίο με στερεοποιημένο υπόστρωμα PCA. Στη συνέχεια με τη βοήθεια ενός μεταλλικού στελέχους το οποίο έχει προηγουμένως αποστειρωθεί με οινόπνευμα και αναφλεγεί, απλώνεται η παραπάνω ποσότητα προσεκτικά σε όλη την επιφάνεια του τρυβλίου. Η διαδικασία αυτή γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και όσο το δυνατόν πιο κοντά στη φλόγα καθώς ο κίνδυνος επιμόλυνσης των τρυβλίων σε αυτή τη φάση είναι μεγάλος. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλες τις αραιώσεις που επιθυμούνται. Μετά το τέλος της επίστρωσης τα τρυβλία κλείνονται με τα καλύμματα τους, αναστρέφονται τοποθετούνται σε σακούλες. Τέλος τοποθετούνται σε επωαστήριο θερμοκρασίας 37°C προς επώαση για 48h.

- *Καταμέτρηση αποικιών*

Μετά το πέρας του χρόνου επώασης τα τρυβλία εξάγονται προσεκτικά από τον επωαστήρα, ώστε να καταμετρηθούν οι αποικίες που σχηματίστηκαν κατά την επώαση. Για την απαρίθμηση των αποικιών συνιστάται η χρήση μαρκαδόρου, ώστε

να διαχωρίζει την αποικία που μετριέται από τις υπόλοιπες με μία τελεία πάνω σε αυτήν.

- Υπολογισμός του μικροβιακού φορτίου του δείγματος

Το συνολικό μικροβιακό φορτίο της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας σε κάθε περίπτωση υπολογίζεται ως:

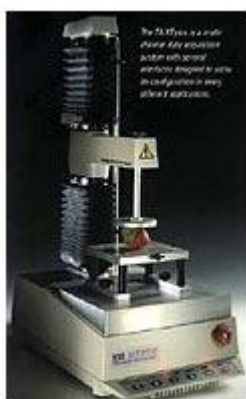
Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται το μικροβιακό φορτίο σε CFU/g.

Όταν τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για περαιτέρω επεξεργασία χρησιμοποιείται ο δεκαδικός λογάριθμος του συνολικού μικροβιακού φορτίου (logCFU/g). Αν παρασταθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μικροβιακού φορτίου ενός δείγματος συναρτήσει του χρόνου, εμφανίζεται η τυπική καμπύλη ανάπτυξης του μικροοργανισμού που μελετάται στο δείγμα.

Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής

Τα χαρακτηριστικά της υφής των δειγμάτων μετρήθηκαν ενόργανα με τον αναλυτή υφής TA-XT2 της εταιρείας Stable Micro Systems, που απεικονίζεται στη διπλανή εικόνα. Κατά τη μέτρηση τα δείγματα τοποθετούνται οριζόντια στην ειδική περιοχή του αναλυτή και εφαρμόζεται κατακόρυφη πίεση που καταγράφεται σε συνάρτηση με το χρόνο.

Οι μετρήσεις που έγιναν στον αναλυτή υφής και αφορούσαν τη σκληρότητα των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν με το ειδικό στέλεχος του αναλυτή υφής TA-4Craft



Knife. Με αυτό το στέλεχος προσομοιώνεται η διαδικασία της κοπής με μαχαίρι. Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν τρεις ανεξάρτητες μετρήσεις όσο το δυνατόν σε πιο κεντρικές περιοχές του δείγματος. Οι τιμές των παραμέτρων που επιλέχθηκαν εμφανίζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Εικόνα 4 Αναλυτής υφής

Πίνακας 13 Τιμές παραμέτρων κατά την ανάλυση της σκληρότητας με κοπίδι

Παράμετρος	Τιμή
Test Mode Measure Force	Force in Compression
Pre Test Speed	3,0 mm/s
Test Speed	3,0 mm/s
Post test speed	10 mm/s
Distance	20,0 mm

Επιπλέον με τη χρήση του στελέχους κυλίνδρου στον αναλυτή υφής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της σκληρότητας, της ελαστικότητας, της κομμώδους και της μασητικότητας. Αυτές οι μετρήσεις προσομοιώνουν τα χαρακτηριστικά υφής του δείγματος στο στόμα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του ειδικού λογισμικού του αναλυτή υφής Texture Expert Speed με τη μορφή διαγραμμάτων συναρτήσεως του χρόνου. Όσον αφορά τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν από την ανάλυση με τη χρήση του κοπίδιού απομονώνεται η μέγιστη τιμή της δύναμης που εμφανίζεται, η οποία αντιπροσωπεύει τη σκληρότητα του δείγματος. Όσον αφορά τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν από την ανάλυση με τη χρήση του κυλίνδρου, αρχικά απομονώνεται η μέγιστη τιμή της δύναμης που εμφανίζεται κατά την πρώτη συμπίεση η οποία αντιπροσωπεύει τη σκληρότητα του δείγματος. Για την εύρεση της ελαστικότητας υπολογίζεται η διαφορά χρόνου μεταξύ του τέλους της πρώτης διείσδυσης και της αρχής της δεύτερης. Η συνεκτικότητα υπολογίζεται από το λόγο του εμβαδού της δεύτερης διείσδυσης προς το εμβαδό της πρώτης. Το κομμώδες υπολογίζεται από το γινόμενο της σκληρότητας και της συνεκτικότητας, ενώ η μασητικότητα προσδιορίζεται από το γινόμενο του κομμώδους και της ελαστικότητας. Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις από τις οποίες προκύπτουν τρεις διαφορετικές τιμές για κάθε χαρακτηριστικό υφής. Τα τελικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων υπολογίζονται ως ο αριθμητικός μέσος όρος των τριών μετρήσεων. Οι μετρήσεις που ελήφθησαν από τον αναλυτή υφής ελέγχθηκαν για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των δειγμάτων στα χαρακτηριστικά υφής.

Μέτρηση Χρώματος

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με το χρωματόμετρο CR-200 των εταιριών Konica-Minolta απεικονίζεται παρακάτω:



Εικόνα 5 Χρωματόμετρο CR-200 των εταιριών Konica-Minolta

Το συγκεκριμένο χρωματόμετρο ποσοτικοποιεί το χρώμα με βάση το τρισδιάστατο χρωματικό σύστημα CIELab που ανέπτυξε η CIE (Commission Internationale de l'éclairage). Στα δείγματα μετρήθηκαν οι παράμετροι L, a και b του χρώματος της εξωτερικής επιφάνειας. Κάθε μέτρηση γινόταν συνολικά έξι φορές και οι τελικές τιμές για κάθε δείγμα υπολογίζονταν από τον αριθμητικό μέσο όρο των έξι μετρήσεων.

Το σύστημα ταξινόμησης κατά CIE βασίζεται στον προσδιορισμό του χρώματος ενός αντικειμένου με βάση την χρωματομετρική του σύγκριση με ένα άλλο τυποποιημένο δείγμα, κάτω από προκαθορισμένες συνθήκες φωτισμού και όρασης. Το 1931 η CIE ανέπτυξε ένα νέο σύστημα ταξινόμησης που στηρίχθηκε στην τριχρωματική θεωρία, σύμφωνα με την οποία όλα τα χρώματα μπορούν να θεωρηθούν ως ένα μίγμα καθορισμένων και σχετικών ποσοτήτων των τριών πρωτογενών φωτισμών, του κόκκινου (red) ή (X), του πράσινου (green) ή (Y) και του μπλε (blue) ή (Z). Αυτές οι ποσότητες ονομάζονται τριχρωματικές τιμές, συμβολίζονται με τα γράμματα X,Y,Z, και για τον αριθμητικό προσδιορισμό τους είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της καμπύλης ανακλαστικότητας του μετρούμενου αντικειμένου. Για να είναι εφικτή η σύγκριση των μετρούμενων τιμών, η CIE καθιέρωσε την χρήση των τυπικών φωτισμών, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες κατανομές ισχύος και τη χρήση του τυπικού παρατηρητή, που

αντιστοιχεί στη μέση χρωματική ευαισθησία του οφθαλμού κάτω από συγκεκριμένη γωνία παρατήρησης (2° ή 10°). Η αριθμητική μέτρηση και σύγκριση των χρωμάτων κατά CIE, επιτυγχάνεται με τον έμμεσο υπολογισμό των τριών πρωτογενών χρωμάτων που αθροιστικά παράγουν την ίδια χρωματική αίσθηση με αυτή που δίνει το χρώμα του δείγματος που θα περιγραφεί. Η ποσοτική μέτρηση του χρώματος ενός αντικειμένου βασίζεται στον υπολογισμό, μέσω πολύπλοκων μαθηματικών τύπων, των τριχρωματικών του τιμών (X, Y, Z) και πραγματοποιείται με ειδικές συσκευές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι τα φασματοφωτόμετρα και τα χρωματομέτρα.

Με το σύστημα ταξινόμησης κατά CIE επιτυγχάνεται η αριθμητική μέτρηση του χρώματος ενός αντικειμένου, αλλά δεν δίνονται καθόλου πληροφορίες για την πραγματική οπτική του εμφάνιση, δηλαδή στο κατά πόσο η μέτρηση αυτή ανταποκρίνεται με ακρίβεια στην οπτική αντίληψη. Το γεγονός αυτό, οδήγησε τους ερευνητές να αναπτύξουν νέες κλίμακες μέτρησης που βασίζονται στους λεγόμενους ομοιόμορφους χρωματικούς χώρους. Οι χώροι αυτοί αποτελούν ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων όπου τα χρώματα διατάσσονται με τέτοιο τρόπο, ώστε οι μετρούμενες χρωματικές διαφορές δύο σημείων να αντιστοιχούν ακριβώς σε ανάλογες οπτικές διαφορές μεταξύ τους. Ένα τέτοιο σύστημα (CIELAB) αναπτύχθηκε από την Διεθνή επιτροπή Φωτισμού το 1976 και χρησιμοποιεί τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* για να προσδιορίσει ποσοτικά ένα χρώμα. Το σύστημα αυτό βασίζεται στη θεωρία της ομοιόμορφης βαθμίδωσης τύπου αντιθέτων χρωμάτων (κόκκινου-πράσινου και κίτρινου-μπλε) και απεικονίζεται με ένα σύστημα τριών συντεταγμένων, όπου υπάρχει ανεξαρτησία των πληροφοριών φωτεινότητας και χρωματικότητας. Οι χρωματικές παράμετροι L^* , a^* , b^* , προέρχονται από τις τριχρωματικές τιμές X, Y και Z του συστήματος ταξινόμησης CIE. Η βασική διαφορά μεταξύ τους έγκειται στο γεγονός ότι στο τρισδιάστατο σύστημα ταξινόμησης κατά CIELAB υπάρχει ταύτιση μεταξύ της μετρούμενης και της αντιληπτής τιμής του χρώματος και επομένως μία μικρή μεταβολή ξεχωριστά για κάθε μία από τις τρεις παραμέτρους, γίνεται αντιληπτή ακριβώς με το ίδιο τρόπο. Η παράμετρος L^* αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα (όπως αυτή προσδιορίζεται από το σύστημα ταξινόμησης κατά Munsell) και είναι κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο που δημιουργούν οι παράμετροι a^* και b^* (παράμετροι χρωματικότητας), μέσω ενός συστήματος δύο αξόνων: τον κόκκινο/πράσινο και τον κίτρινο/μπλε. Συγκεκριμένα το $+a$ αντιστοιχεί στον κόκκινο, το $-a$ στον πράσινο, το $+b$ στον κίτρινο και το $-b$ στο μπλε. Οι δύο αυτές μεταβλητές αντιπροσωπεύουν μαζί τις παραμέτρους απόχρωση και χρωστική

ποκνότητα του συστήματος μέτρησης Munsell. Η χροιά υπολογίζεται από τον τύπο (b^*/a^*) και η χρωματική ποκνότητα $\sqrt{a^2 + b^2}$.

Η χρωματική διαφορά μεταξύ δύο δειγμάτων, ορίζεται ως η απόσταση των σημείων των συντεταγμένων τους σε ένα οπτικά ομοιόμορφο χρωματικά χώρο. Στο σύστημα μέτρησης CIELAB, οι υπολογιζόμενες χρωματικές διαφορές συνδέονται με τη χρωματική μας αντίληψη, εκφράζονται σε μονάδες (units) και προκύπτουν με βάση την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

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

Όπου ΔL^* , Δa^* και Δb^* είναι οι μεταβολές των αντίστοιχων χρωματικών παραμέτρων L^* (φωτεινότητα), a^* και b^* (παραμέτροι χρωματικότητας) μεταξύ των δύο μετρήσεων. Δεδομένου ότι μέχρι σήμερα δεν έχει επιτευχθεί συμφωνία μεταξύ των ερευνητών ως προς την ύπαρξη ενός απόλυτα ομοιόμορφου χρωματικού χώρου, ορισμένες χρωματικές διαφορές (ΔE) μπορεί να διακρίνονται ευκολότερα από ισόποσες χρωματικές διαφορές που εντοπίζονται όμως σε διαφορετική θέση στο τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Επίσης έχει αναφερθεί ότι κατά τον υπολογισμό της χρωματικής διαφοράς (ΔE) μεταξύ δύο δειγμάτων πρέπει να υπολογίζουμε και τις επιμέρους διαφορές των χρωματικών παραμέτρων (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) δεδομένου ότι η διαφορά φωτεινότητας (ΔL^*) διακρίνεται περισσότερο από τον ανθρώπινο οφθαλμό σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο διαφορές (Δa^* και Δb^*). Για το λόγο αυτό έχει αναφερθεί ότι εάν η χρωματική διαφορά δύο δειγμάτων είναι μικρότερη από τέσσερις μονάδες ΔE , τότε τα δείγματα δεν διακρίνονται από το μέσο παρατηρητή, με την προϋπόθεση ότι η διαφορά της φωτεινότητάς τους πρέπει να είναι μικρότερη από 2 μονάδες ΔL^* .

Απώλεια Βάρους ή Μέτρηση της ποσότητας νερού

Για να μετρηθεί η απώλεια νερού κατά την αποθήκευση όλα τα δείγματα ζυγίστηκαν πριν από τη συσκευασία. Σε κάθε δείγμα μετράται το βάρος του μετά το χρόνο αποθήκευσης και αφού έχει στραγγιστεί το υγρό που έχει απελευθερωθεί. Το ποσοστό απώλειας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$Drip\ loss\ (\%) = \frac{W_{br} - W_{ar}}{W_b} \cdot 100$$

Όπου τα W_{br} και W_{ar} εκφράζουν το βάρος της γαρίδας πριν και μετά τη ψύξη αντίστοιχα.

Μέτρηση pH

Αρχικά 10 g δείγματος γαρίδων τεμαχίζονται και προστίθενται σε ένα ποτήρι ζέσεως μαζί με 50 mL απιονισμένου νερού. Το μίγμα ομογενοποιείται με τη χρήση ενός ραβδο-μπλέντερ. Η μέτρηση του pH πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός πεχάμετρου. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των δειγμάτων και συναρτήσεως του χρόνου για τον έλεγχο της αλλοίωσης.

Volatile Nitrogen

Αρχικά λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα γαρίδων και τεμαχίζεται. Από αυτό 30 g τεμαχισμένου δείγματος φέρονται σε ένα ποτήρι ζέσεως και ομογενοποιούνται με τη βοήθεια του ραβδο-μπλέντερ μαζί με 60 mL TCA 6%, μέχρι να δημιουργηθεί μία πάστα.

Το δείγμα διηθείται υπό κενό και σημειώνεται ο ακριβής όγκος του διηθήματος ($V_{\text{extraction}}$). Το διήθημα μοιράζεται ως εξής:

- 25 mL για τη μέτρηση της τριμεθυλαμίνης (V_{TMA}).
- Το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του TVBN (V_{TVBN})

➤ *Παρασκευή δείκτη methyl red*

Για την παρασκευή του δείκτη, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού των τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίζονται 0,01 g methyl red (χρωστική), 0,02 g bromothymol blue και 0,06 g bromocresol green. Μετά τη ζύγιση μεταφέρονται σε μία ογκομετρική φιάλη των 100 mL, η οποία συμπληρώνεται με αιθυλική αλκοόλη μέχρι τη χαραγή.

➤ *Total Volatile Basic Nitrogen*

Σε μία φιάλη Kjeldahl φέρονται η αντίστοιχη ποσότητα διηθήματος (V_{TVBN}), πυρήνες βρασμού και 10mL NaOH 10% w/v. Επιπλέον σε μία κωνική φιάλη στην οποία θα συλλεχθεί το απόσταγμα προστίθενται 50 mL βορικού οξέος 2% και δείκτης methyl red. Η απόσταξη ολοκληρώνεται όταν έχουν συλλεχθεί 75 mL αποστάγματος. Ακολουθεί τιτλοδότηση με θειικό οξύ (H_2SO_4) 0,1 N. Τιτλοδοτείται επίσης και τυφλό δείγμα. Η τιμή του TVBN εκφράζεται σε mgN/100g αρχικού δείγματος και βρίσκεται με τη χρήση της εξίσωσης:

$$TVBN_{mgN/100g \text{ αρχικού δείγματος}} = \frac{1,4 \cdot (V_{H_2SO_4 \text{ δείγματος}} - V_{H_2O_4 \text{ τυφλό}}) \cdot 100 \cdot V_{\text{extraction}}}{30 \cdot V_{TVBN}}$$

➤ *Trimethylamine*

Σε μία φιάλη Kjeldahl φέρονται 25 mL διηθήματος (V_{TMA}), πυρήνες βρασμού, 10 mL NaOH 10% w/v και 20 mL φορμαλδεΐδη 37%. Επιπλέον σε μία κωνική φιάλη στην οποία θα συλλεχθεί το απόσταγμα προστίθενται 50 mL βορικού οξέος 2% δείκτης methyl red. Πραγματοποιείται η απόσταξη και ακολουθεί τιτλοδότηση μεθειικό οξύ (H_2SO_4) 0,1 N. Όπως και πριν τιτλοδοτείται και τυφλό δείγμα. Η τιμή της τριμεθυλαμίνης εκφράζεται σε mgN/100g αρχικού δείγματος και βρίσκεται με τη χρήση της εξίσωσης:

$$TMA_{mgN/100g \text{ αρχικού δείγματος}} = \frac{1,4 \cdot (V_{H_2SO_4 \text{ δείγματος}} - V_{H_2O_4 \text{ τυφλό}}) \cdot 100 \cdot V_{\text{extraction}}}{30 \cdot V_{TMA}}$$

Μέτρηση δείκτη TBA

➤ *Παρασκευή διαλύματος θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA)*

Για την παρασκευή του διαλύματος θειοβαρβιτουρικού οξέος διαλύονται 0,2 g θειοβαρβιτουρικού οξέος σε 100 mL καθαρής 1-βουτανόλης. Το διάλυμα αφήνεται όλη τη νύχτα στο ψυγείο, ώστε να διαλυθούν τα υπολείμματα στερεού, ενώ δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για να διατηρείται για λιγότερο από μία εβδομάδα στο ψυγείο.

➤ *Μέτρηση δείκτη TBA*

Αρχικά ζυγίζονται περίπου 15g δείγματος γαρίδων τα οποία τεμαχίζονται. Συμπληρώνεται η κατάλληλη ποσότητα 1-βουτανόλης, ώστε το παραχθέν μίγμα να είναι 25 mL. Κατόπιν το μίγμα ομογενοποιείται όσο το δυνατόν καλύτερα. Με τη βοήθεια ενός σιφωνίου σε ένα γυάλινο δοκιμαστικό μεταφέρονται 5 mL από το δείγμα και 5 mL από το διάλυμα θειοβαρβιτουρικού οξέος που παρασκευάστηκε την προηγούμενη ημέρα. Ο δοκιμαστικός σωλήνας πωματίζεται και αναδεύεται δυνατά. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα δείγματα. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες στη συνέχεια τοποθετούνται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 95 °C και αφήνονται για 2 h. Μετά οι δοκιμαστικοί σωλήνες κρύνονται για περίπου 10 min κάτω από τρεχούμενο νερό μέχρι να φτάσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια μετράται η απορρόφηση στα 530 nm, χρησιμοποιώντας απιονισμένο νερό στη θέση

δείγματος αναφοράς. Με τον ίδιο τρόπο παρασκευάζεται και τυφλό δείγμα. Η τιμή του δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος βρίσκεται με τη χρήση της σχέσης:

$$TBA\ Value = \frac{50 \cdot (A - B)}{m}$$

Όπου A: η απορρόφηση του δείγματος

B: η απορρόφηση του τυφλού και

m: η μάζα του δείγματος στο δοκιμαστικό σωλήνα σε mg

7.5 Σχεδιασμός των πειραμάτων

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων δημιουργούνται 10 ομάδες δειγμάτων που περιλαμβάνουν, τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης χωρίς ενσωμάτωση σε αυτή κάποιας αντιμικροβιακής ουσίας (CH-T), τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη CMC (CMC-T), τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη πηκτίνης (P-T), τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη αλγινικού νατρίου (AL-T), τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη ΗΡΜC (ΗΡΜC-T). Επιπλέον επιλέχθηκε να ενσωματωθούν ορισμένα αντιμικροβιακά σε επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης. Έτσι δημιουργούνται ακόμα οι ομάδες των δειγμάτων που περιλαμβάνουν τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης και ενσωματωμένη σε αυτή αντιμικροβιακή ουσία ελαίου ριγάνης (CH-O), τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης και ενσωματωμένη σε αυτή αντιμικροβιακή ουσία ελαίου κορίανδρου (CH-K), όπως επίσης και αυτά στα οποία προστέθηκαν έλαιο λεμονιού (CH-L) και έλαιο μάραθου (CH-F). Τέλος για κάθε μία σειρά δειγμάτων δημιουργούνται τα τυφλά δείγματα χωρίς επικαλυπτική εδώδιμη μεμβράνη και αντιμικροβιακή ουσία (T). Στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνονται τα δείγματα που δημιουργήθηκαν.

Πίνακας 14 Συμβολισμός τυφλών και επικαλυμμένων δειγμάτων γαρίδων

Εδώδιμη Μεμβράνη	Συμβολισμός
Τυφλό (για χιτοζάνη)	T1
Τυφλό (για CMC)	T2
Τυφλό (για πηκτίνη)	T3

Τυφλό (για αλγινικό νάτριο)	T4
Τυφλό (για ΗΡΜC)	T5
Τυφλό (για αντιμικροβιακά)	T
Χιτοζάνη	CH-T
CMC	CMC-T
Πηκτίνη	P-T
Αλγινικό Νάτριο	AL-T
ΗΡΜC	ΗΡΜC-T
Χιτοζάνη-Έλαιο ριγανης	CH-O
Χιτοζάνη-Έλαιο κοριανδρου	CH-K
Χιτοζάνη-Έλαιο λεμονιού	CH-L
Χιτοζάνη-Έλαιο Μάραθου	CH-F

7.6 Στατιστική Επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος STATISTICA 7.0 (Statsoft, Inc). Όλα τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων καταχωρήθηκαν σε δύο λογιστικά φύλλα. Το πρώτο από αυτά αφορούσε τα δείγματα με επικάλυψη εδώδιμων μεμβρανών ενώ το δεύτερο τα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών.

Στις πρώτες στήλες κάθε λογιστικού φύλλου, καταχωρήθηκαν οι εξεταζόμενοι παράγοντες (εδώδιμη μεμβράνη και χρόνος αποθήκευσης) και τα επίπεδα καθενός από αυτούς, ενώ στις υπόλοιπες στήλες καταχωρήθηκαν η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), η % απώλεια βάρους, το pH, η περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA), το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN), ο δείκτης θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA), η σκληρότητα με βάση την κοπή, η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση, η ελαστικότητα, η συνεκτικότητα, το κομμώδες, η μασητικότητα, η φωτεινότητα και η συνολική μεταβολή της οπτικής απόκρισης. Στην περίπτωση των δειγμάτων με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού εξετάστηκαν επιπλέον το οργανοληπτικό χρώμα, η οργανοληπτική υφή, το άρωμα και η ένταση της αλλοίωσης. Πρέπει να τονιστεί ότι

για τα τυφλά δείγματα ελήφθη ο αριθμητικός μέσος για τις τιμές των εξεταζόμενων μεταβλητών.

Για την εύρεση των παραγόντων που είχαν σημαντική επίδραση, σε κάθε ένα από τα παραπάνω εξεταζόμενα χαρακτηριστικά πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις διακύμανσης (ANOVA-2). Στην περίπτωση που κάποιος παράγοντας εμφανίζει σημαντική επίδραση στην εξεταζόμενη μεταβλητή τότε χρησιμοποιείται ο έλεγχος Duncan, μέσω του οποίου ελέγχονται ποιες ομάδες δειγμάτων διαφέρουν σημαντικά στατιστικά. Τέλος, σε κάθε λογιστικό φύλλο έγινε ανάλυση του πειράματος στις κύριες συνιστώσες (PCA) για τον προσδιορισμό των παραμέτρων με τη μεγαλύτερη επίδραση στο πείραμα, αλλά και για τον έλεγχο ύπαρξης θετικών ή αρνητικών συσχετίσεων μεταξύ τους.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής μελέτης παρουσιάζονται αναλυτικά σε πίνακες στο παράρτημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Αποτελέσματα και Συζήτηση

8.1 Εισαγωγή

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση τις εδωδιμες μεμβράνες και τις ενσωματούμενες σε αυτές (προσθετικές) αντιμικροβιακές ουσίες.

Στην 1^η σειρά παρατίθενται τα αποτελέσματα με βάση τις χρησιμοποιηθείσες εδωδιμες μεμβράνες: χιτοζάνη, CMC, πηκτίνη, αλγινικό νάτριο και HPMC καταρχήν για την παράμετρο της μικροβιολογικής ανάλυσης για την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) και ακολούθως για τις υπόλοιπες παραμέτρους της % απώλειας βάρους, του pH, της τριμεθυλαμίνης (TMA), του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) και του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που περιλαμβάνουν τη σκληρότητα με κοπίδι, τη σκληρότητα με κύλινδρο, τη συνεκτικότητα, την ελαστικότητα, το κομμιώδε, τη μασητικότητα, τη φωτεινότητα και το ολικό χρώμα.

Στη 2^η σειρά παρατίθενται τα αποτελέσματα με βάση τα ενσωματωθέντα στη μεμβράνη χιτοζάνης φυσικά αντιμικροβιακά: έλαια ρίγανης, κόλιανδρου, λεμονιού και μάραθου για τις όλες τις παραμέτρους: την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), την % απώλεια βάρους, το pH, την τριμεθυλαμίνη (TMA), το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN) και το θειοβαρβιτουρικό οξύ (TBA). Όπως και στην προηγούμενη σειρά δειγμάτων παρουσιάζονται επίσης και τα αποτελέσματα για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων: τη σκληρότητα με κοπίδι, τη σκληρότητα με κύλινδρο, την ελαστικότητα, τη συνεκτικότητα, το κομμιώδες, τη μασητικότητα, τη φωτεινότητα και τη μεταβολή του ολικού χρώματος. Επιπλέον, δίνονται τα αποτελέσματα για το οργανοληπτικό χρώμα, την υφή, την ένταση του αρώματος και την ένδειξη της αλλοίωσης.

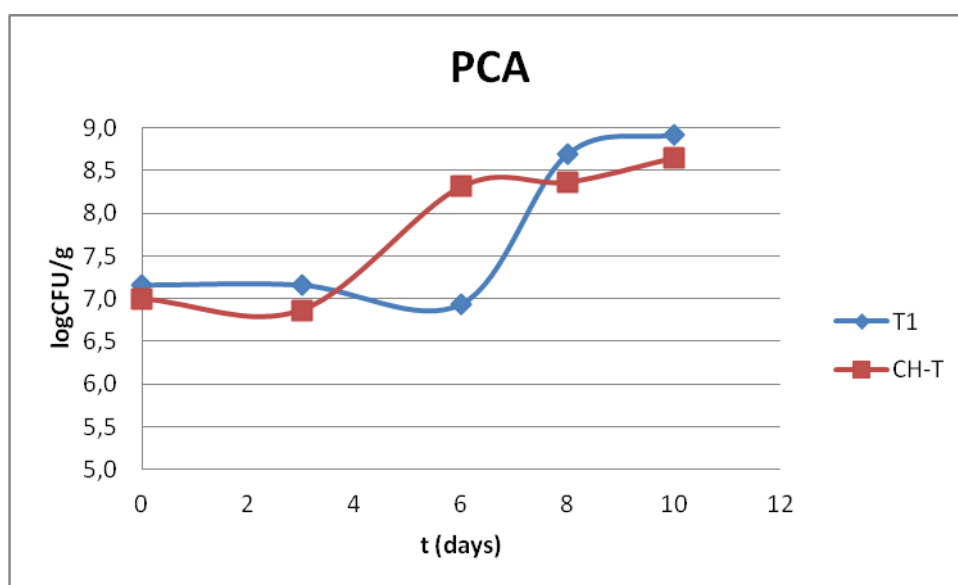
Στο τέλος κάθε σειράς δειγμάτων παρατίθεται η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA) για τη μελέτη της συσχέτισης όλων των εξεταζόμενων μεταβλητών στα δείγματα.

8.2 1η Σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη με μεμβράνες

8.2.1 Μικροβιολογικές Αναλύσεις

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

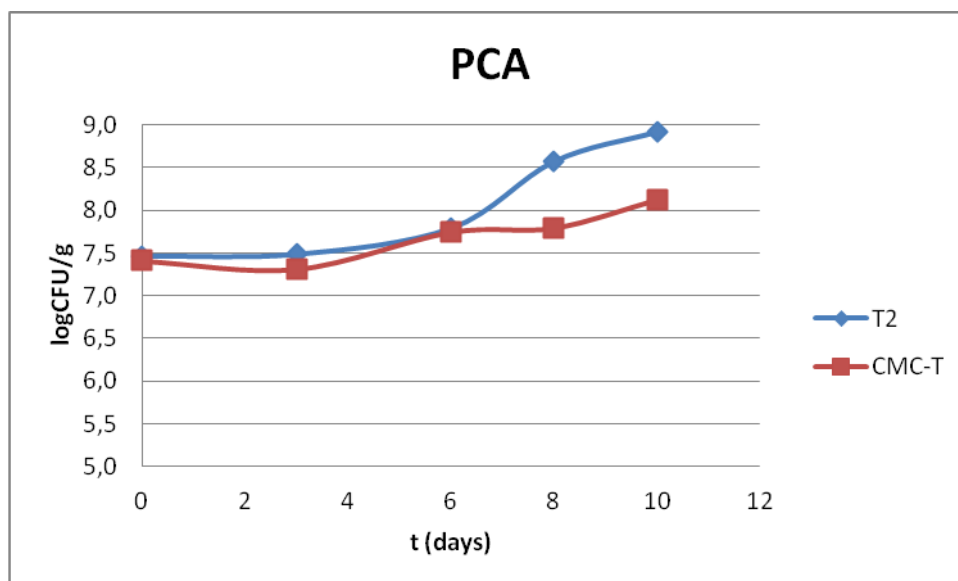
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρείται γενικώς αύξηση της τιμής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Στο τέλος των 10 ημερών αποθήκευσης διαπιστώνεται ότι το δείγμα με επικάλυψη χιτοζάνης εμφανίζει χαμηλότερα επίπεδα μικροβιακής αλλοίωσης.

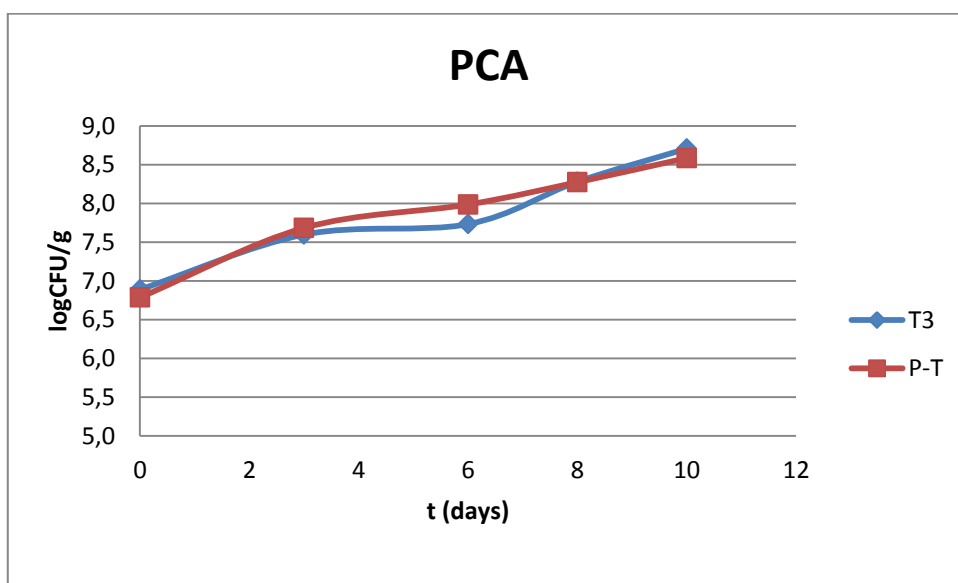
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα το τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη παρουσιάζει εντονότερη μικροβιακή μεταβολή από το δείγμα που έχει επικαλυφτεί με CMC. Αυτό δείχνει ότι εδώδιμη μεμβράνη CMC παρουσιάζει καλή ανασταλτική δράση έναντι της μικροβιακής αλλοίωσης.

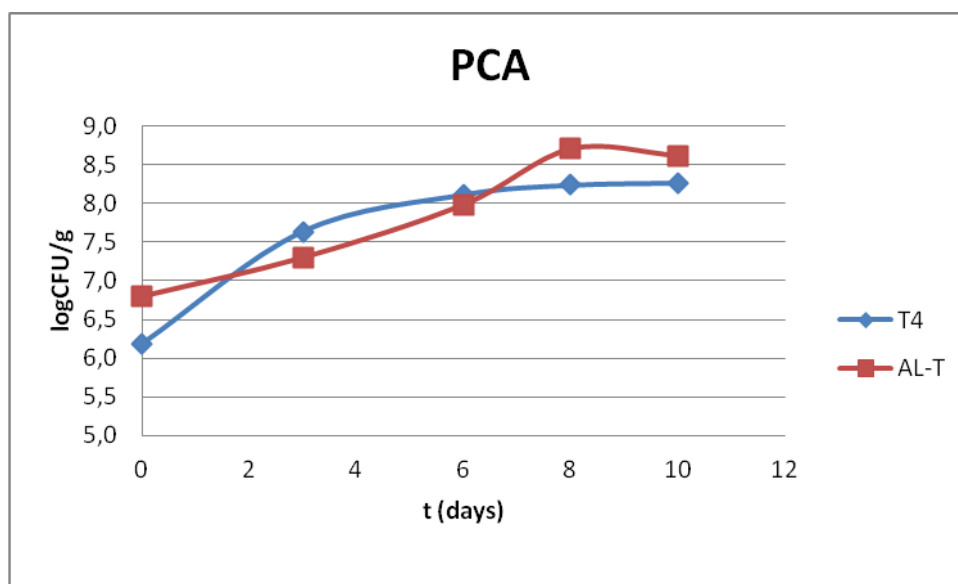
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Πηκτίνης



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα στα δείγματα που έχουν επικαλυφθεί με πηκτίνη μετά το πέρας των 10 ημερών παρουσιάζεται περίπου ίδια μικροβιακή ανάπτυξη με το τυφλό.

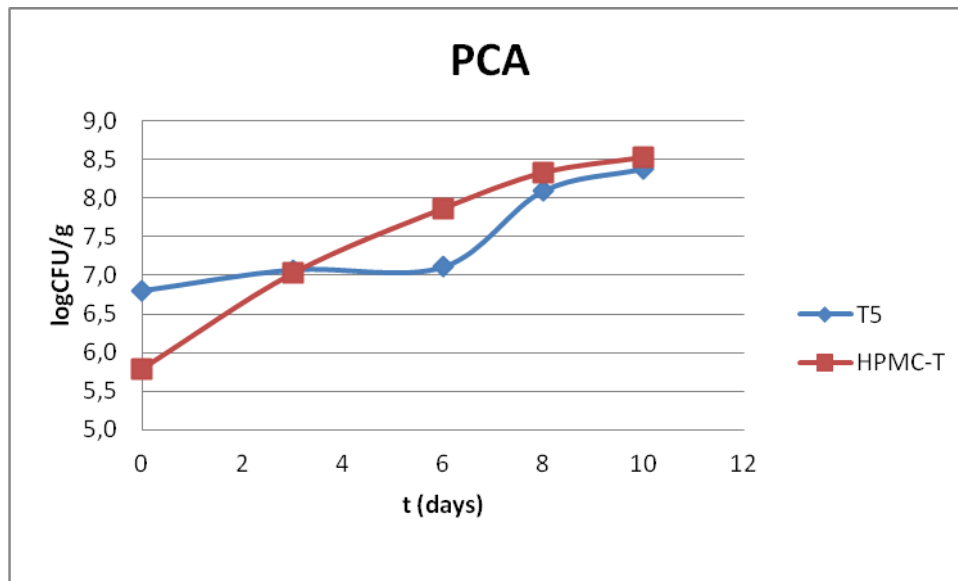
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Από το παραπάνω διάγραμμα εύκολα συμπεραίνεται ότι η επικάλυψη αλγινικού νατρίου δεν περιορίζει την μικροβιακή ανάπτυξη, ενώ αντιθέτως φαίνεται να επιταχύνει το ρυθμό ανάπτυξης των μικροβίων.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

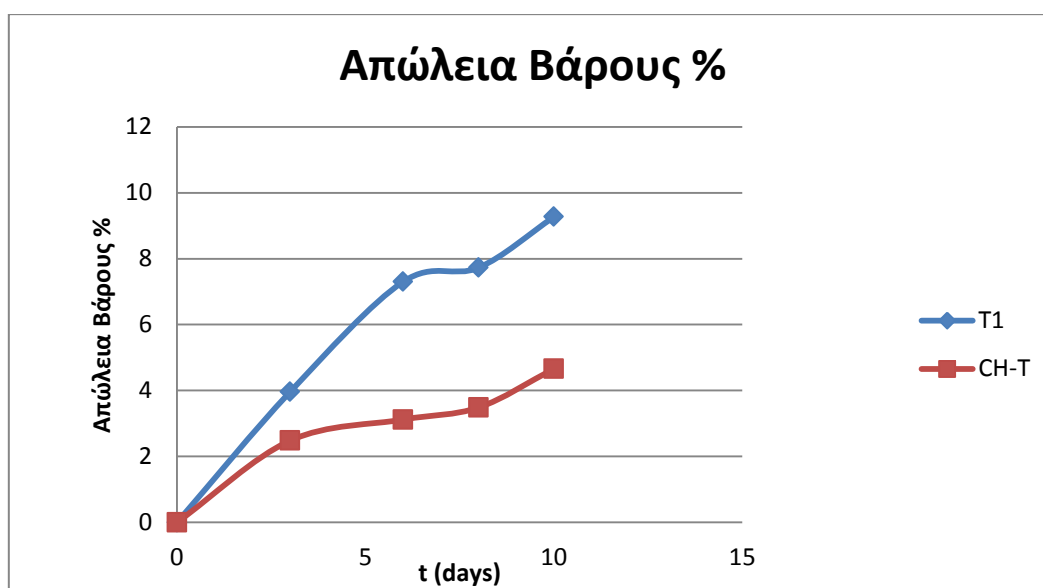
Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα τα δείγματα με επικάλυψη HPMC παρουσίασαν εντονότερη μικροβιακή μεταβολή από ότι το δείγμα χωρίς μεμβράνη (τυφλό).

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο η μεμβράνη που χρησιμοποιείται όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0.05$) στο φορτίο της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA). Το Duncan test για το είδος της μεμβράνης έδειξε ότι οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του δείγματος με επικάλυψη χιτοζάνης και των υπόλοιπων δειγμάτων: του τυφλού, με επικάλυψη CMC, με επικάλυψη πηκτίνης και με επικάλυψη αλγινικού νατρίου. Τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η εδώδιμη μεμβράνη της χιτοζάνης. Όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των αρχικών χρόνων δειγματοληψίας, ενώ μικρές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ του χρόνου $t=8d$ και του χρόνου $t=10d$.

8.2.2 % Απώλεια Βάρους

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της % απώλειας βάρους για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτινης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

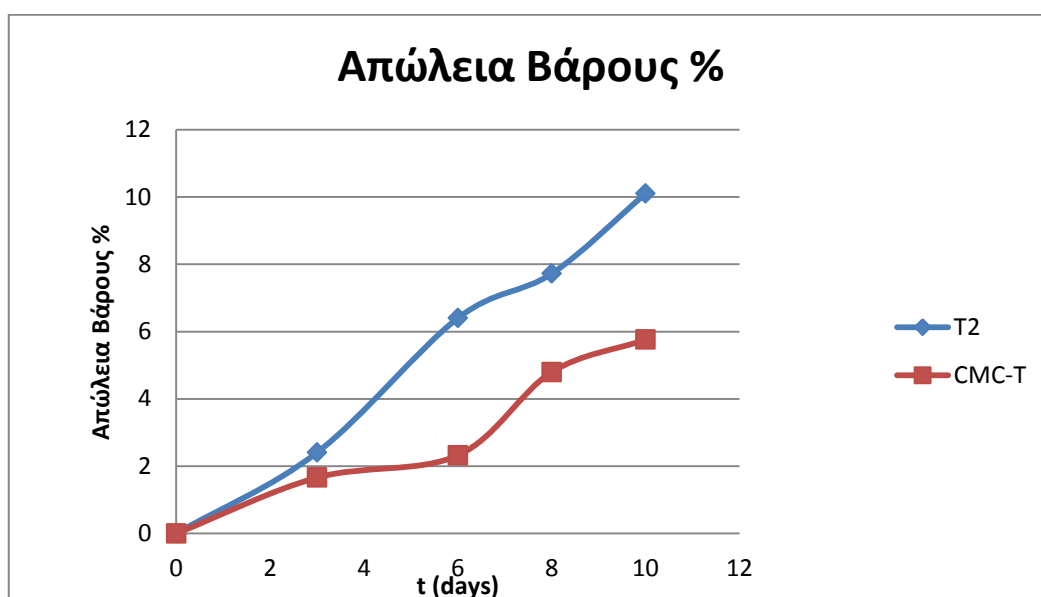
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Η απώλεια βάρους εμφανίζει αυξητική τάση, ενώ είναι πιο έντονη για το τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη. Η χιτοζάνη ως επικαλυπτική μεμβράνη έδωσε καλά αποτελέσματα στη διατήρηση του βάρους των δειγμάτων.

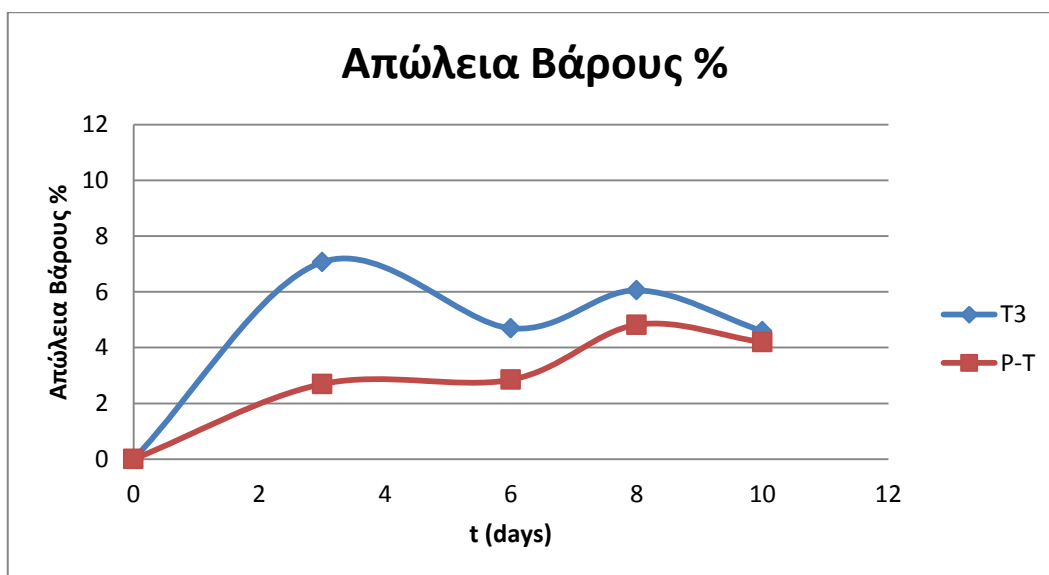
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Η απώλεια βάρους φαίνεται να είναι πιο έντονη για το τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη. Η επικάλυψη των γαρίδων με CMC έδωσε καλά αποτελέσματα σε ότι αφορά την % απώλεια βάρους.

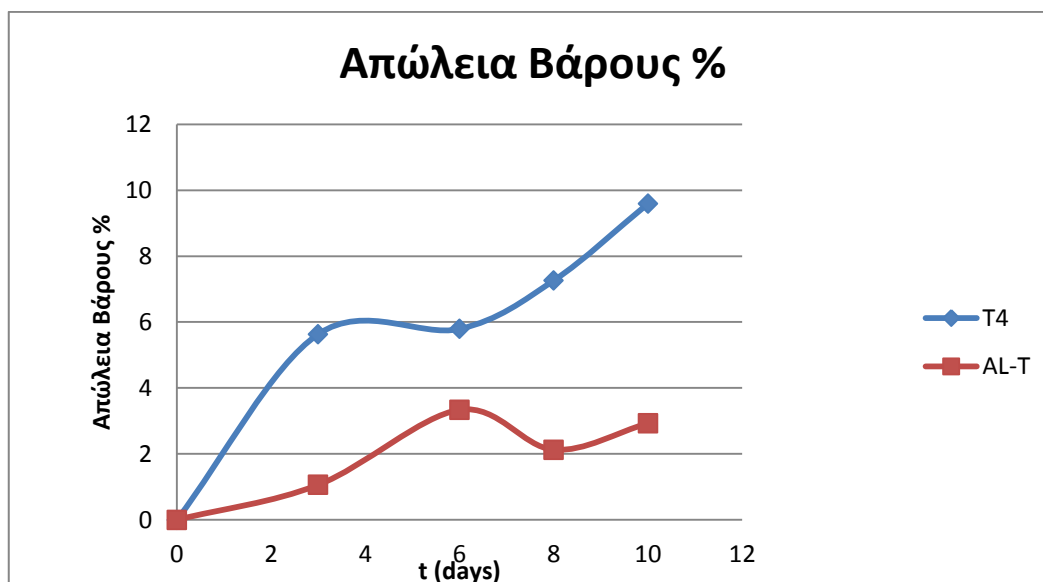
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα η σειρά των πειραμάτων με πηκτίνη έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα τις 8 πρώτες ημέρες αποθήκευσης, ενώ κατά την 10^η

ημέρα δεν παρουσιάζεται μεγάλη διαφορά μεταξύ του τυφλού και του επικαλυμμένου με πηκτινή δειγματος.

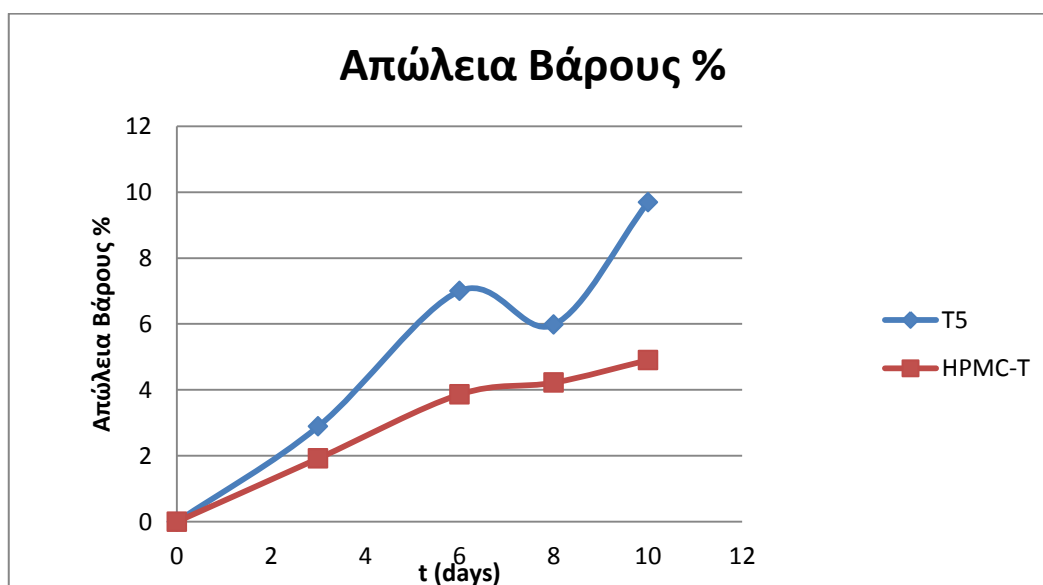
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 9: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα η σειρά δειγμάτων με επικάλυψη αλγινικού νατρίου έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από το τυφλό δείγμα.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 10: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

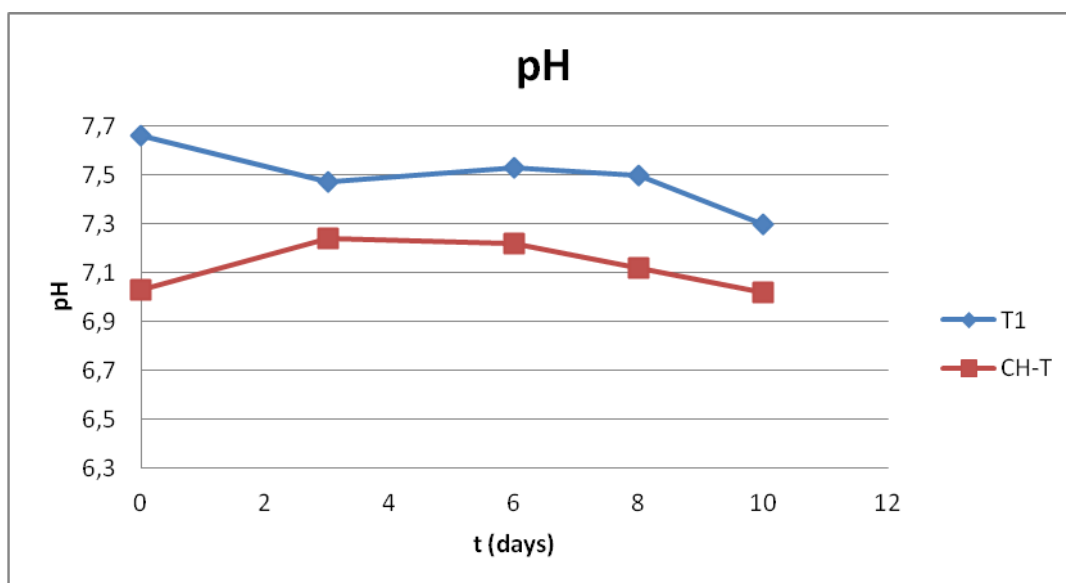
Η απώλεια βάρους είναι πιο έντονη στο τυφλό δείγμα. Η επικάλυψη με HPMC έδωσε καλά αποτελέσματα στη διατήρηση του βάρους των δειγμάτων.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι τόσο το είδος της μεμβράνης όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην απώλεια βάρους. Όσον αφορά το είδος της μεμβράνης, σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του τυφλού δείγματος και των δειγμάτων με επικάλυψη μεμβράνης, ενώ οι διαφορές ήταν μικρές μεταξύ των δειγμάτων με διαφορετικές επικαλύψεις. Καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η επικάλυψη με αλγινικό νάτριο. Όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης σημαντικές είναι οι διαφορές της απώλειας βάρους σε σχέση με το χρόνο $t=0d$.

8.2.3 Αναλύσεις pH

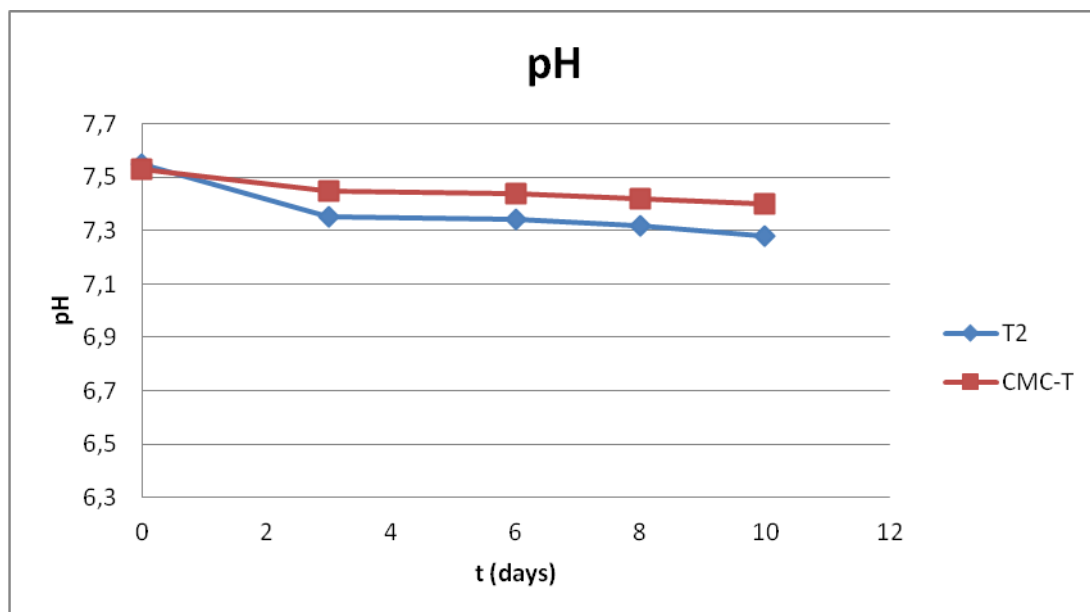
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του pH για τα δείγματα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα μεταβολής του pH για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης
Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές του pH μεταξύ του χρόνου t=0d και του t=10d για τα το τυφλό και το επικαλυμμένο δείγμα.

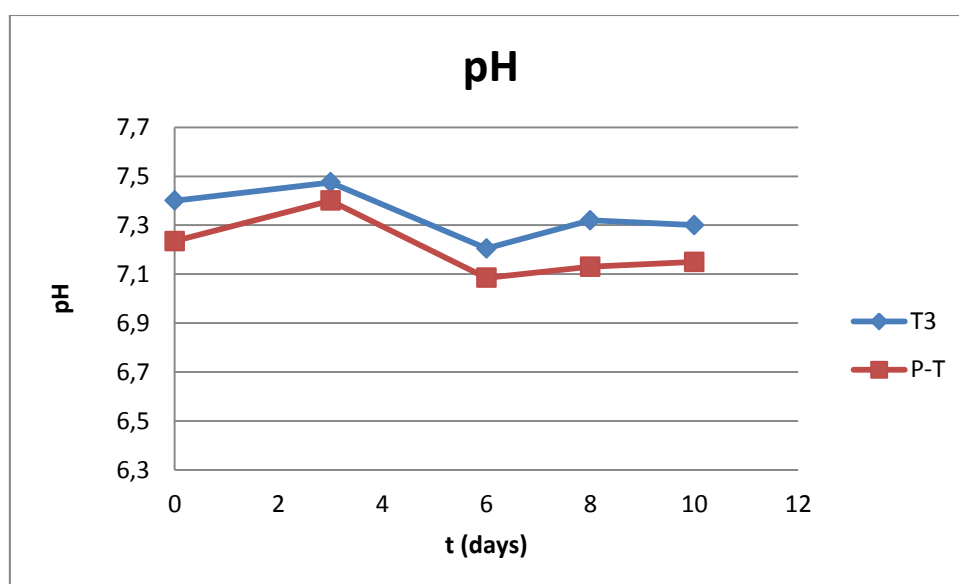
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 12: Διάγραμμα μεταβολής του pH για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα μεγάλες μεταβολές στο pH μεταξύ του τυφλού και του επικαλυμμένου με CMC δείγματος.

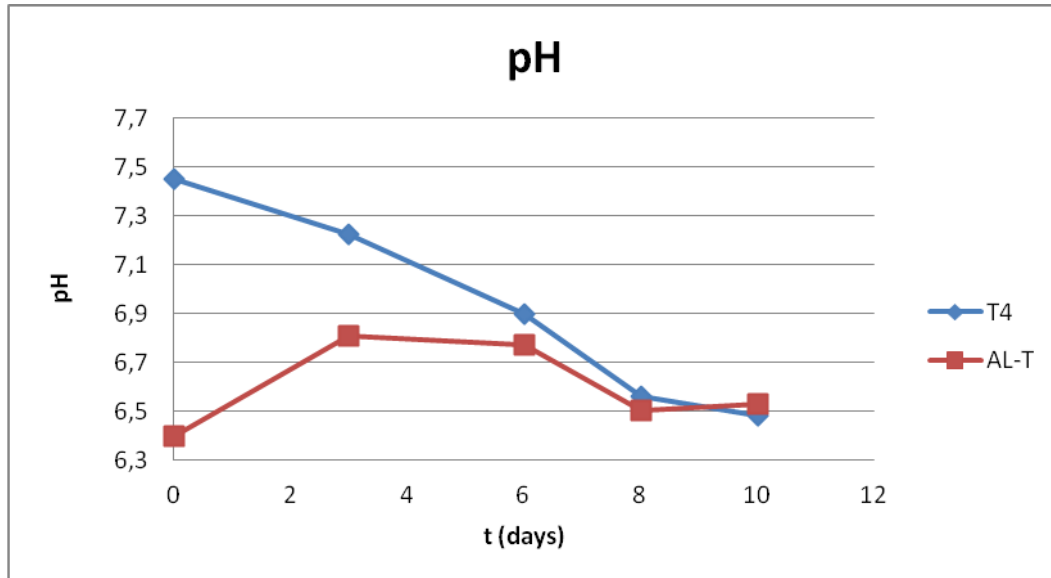
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα μεταβολής του pH για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές στις τιμές του pH μεταξύ των δειγμάτων.

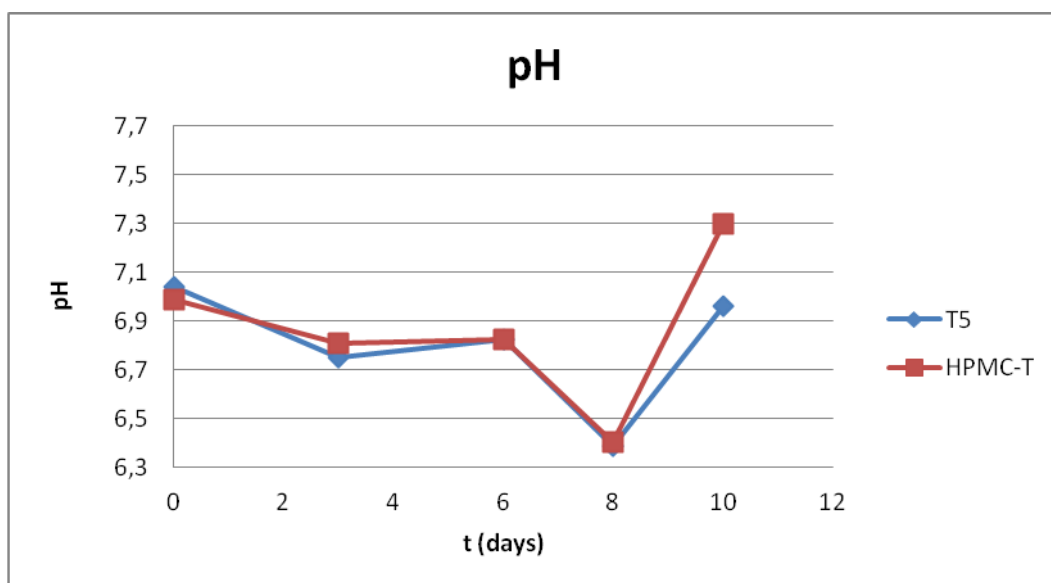
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα μεταβολής του pH για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις του pH για τα δύο δείγματα. Η επικάλυψη του αλγινικού νατρίου φαίνεται να διατήρησε σχετικά σταθερό το pH.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα μεταβολής του pH για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

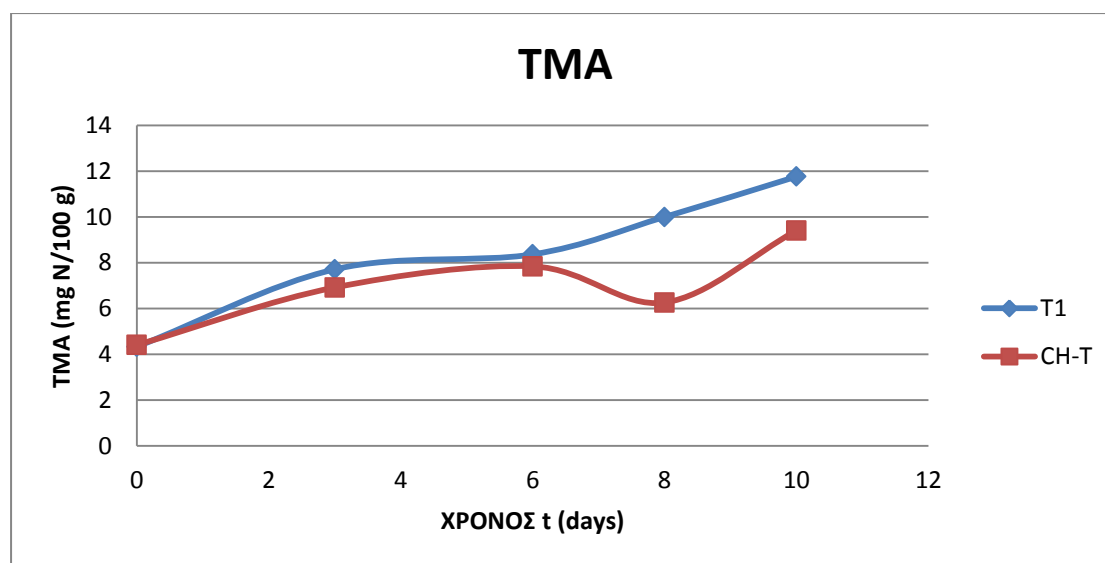
Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές μεταξύ του τυφλού δείγματος γαρίδας και του επικαλυμμένου με HPMC δείγματος.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι από τους δύο παράγοντες που εξετάστηκαν μόνο το είδος της μεμβράνης επέδρασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο pH. Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του τυφλού δείγματος και των δειγμάτων με επικάλυψη CMC και του δείγματος με επικάλυψη αλγινικού νατρίου. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων.

8.2.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

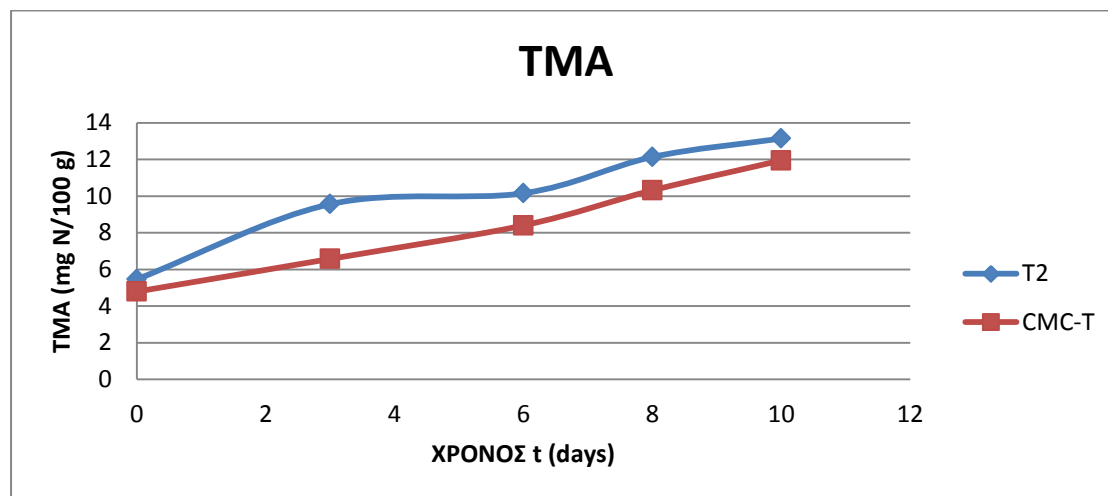
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 16: Διάγραμμα μεταβολής της τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Η τιμή της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) αυξάνεται με το χρόνο αποθήκευσης. Κατά τις πρώτες ημέρες δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ του τυφλού δείγματος και του δείγματος με επικάλυψη χιτοζάνης. Στις τελευταίες ημέρες φαίνεται η επικάλυψη της χιτοζάνης να διατηρεί την τριμεθυλαμίνη σε χαμηλότερες τιμές.

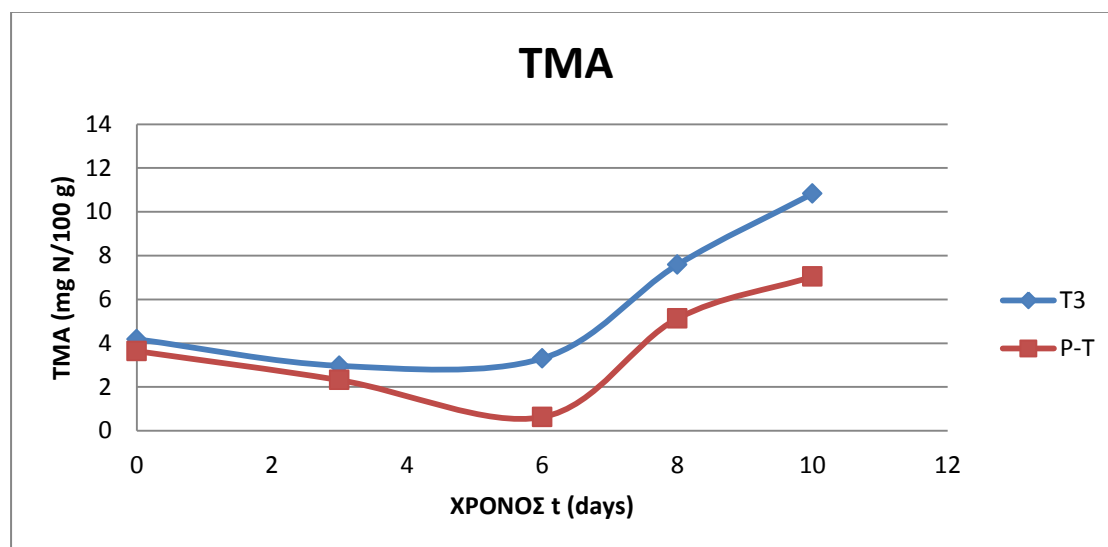
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 17: Διάγραμμα μεταβολής της τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Η σειρά των πειραμάτων με επικάλυψη CMC έδωσε καλύτερα αποτελέσματα για την τιμή της τριμεθυλαμίνης καθώς περιορίστηκε η αύξηση της τιμής σε σχέση με το αντίστοιχο τυφλό δείγμα.

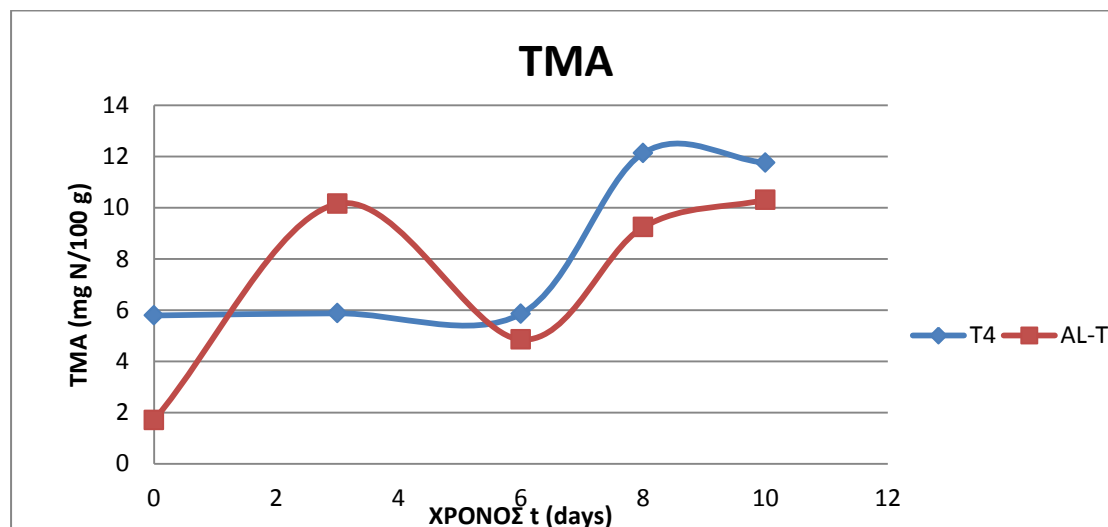
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 18: Διάγραμμα μεταβολής της τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Η τιμή της τριμεθυλαμίνης για τα δύο δείγματα παρουσιάζει αρχικά μικρή μείωση και στη συνέχεια μία αύξηση. Το τυφλό δείγμα φαίνεται να εμφανίζει υψηλότερες τιμές τριμεθυλαμίνης από ότι το επικαλυμμένο με πηκτίνη δείγμα.

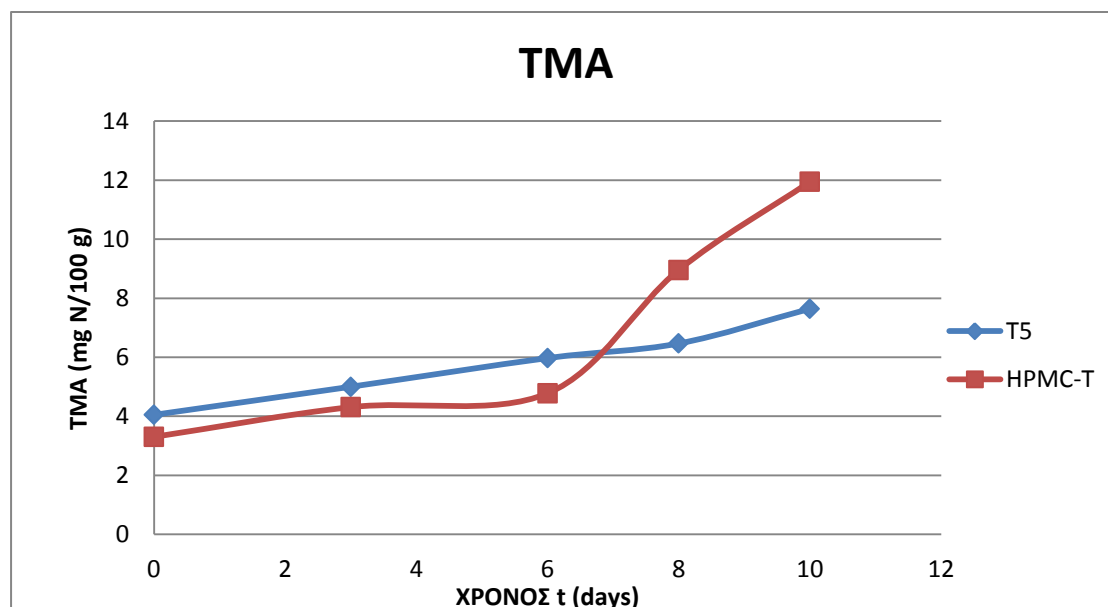
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 19 Διάγραμμα μεταβολής της τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις στις τιμές της τριμεθυλαμίνης κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας. Συνολικά τα δείγματα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου εμφάνισαν καλύτερα αποτελέσματα από το τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 20: Διάγραμμα μεταβολής της τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

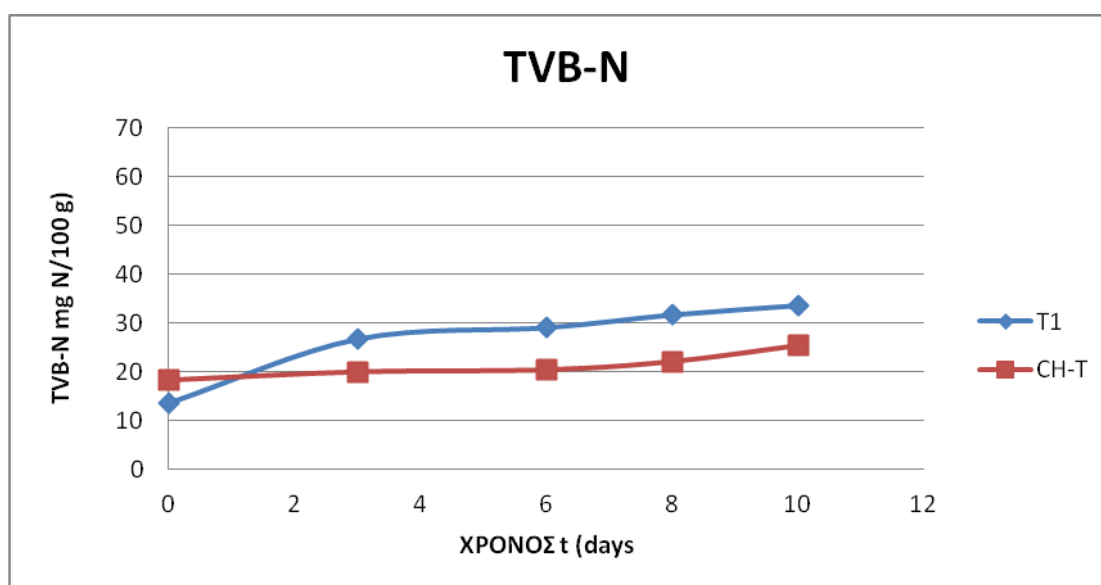
Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι η επικάλυψη των δειγμάτων με πηκτική έδωσε καλά αποτελέσματα κατά την αποθήκευση των 6 πρώτων ημερών, ενώ στη συνέχεια δεν περιορίσε την αύξηση της τιμής της τριμεθυλαμίνης.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο ο χρόνος επέδρασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA). Σημαντική ήταν η αύξηση της τιμής της τριμεθυλαμίνης από το χρόνο $t=d$.

8.2.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

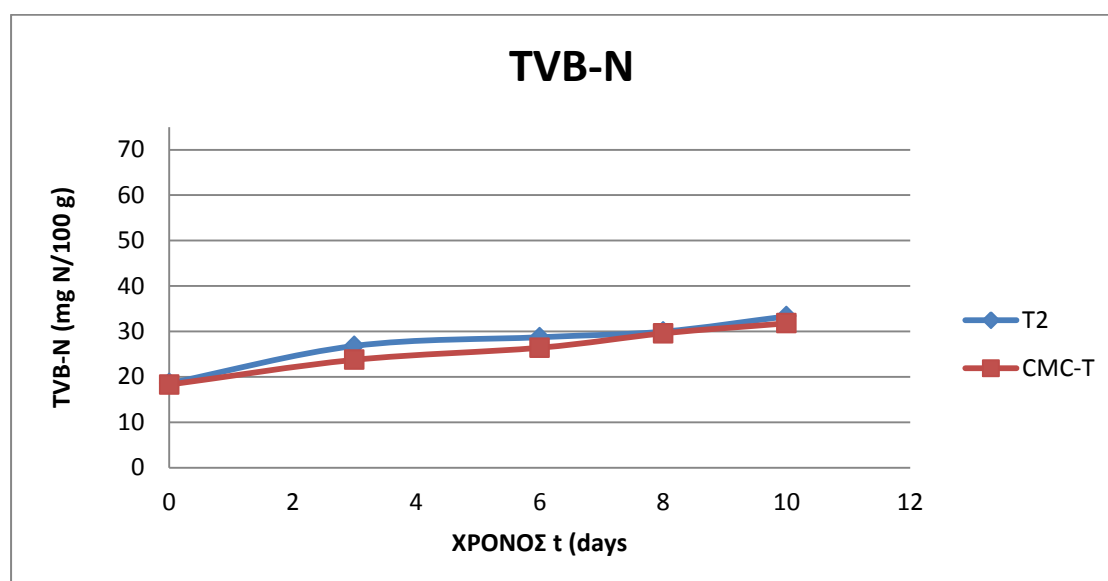
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Χιτοζάνης



Διάγραμμα 21: Διάγραμμα μεταβολής περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Το τυφλό δείγμα γαρίδας εμφάνισε πιο έντονη αύξηση του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου από το δείγμα με επικάλυψη χιτοζάνης, το οποίο έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα

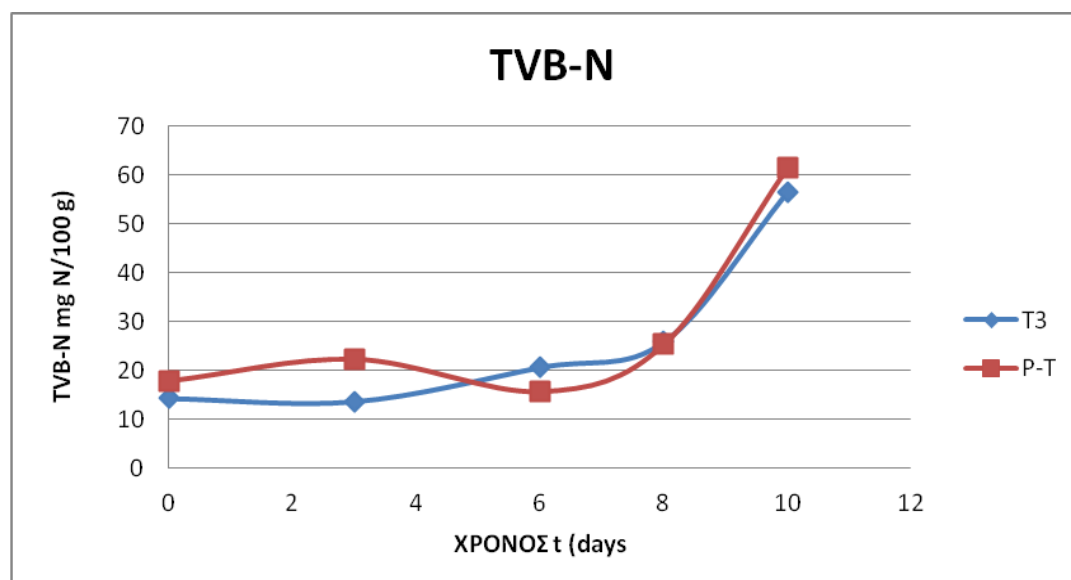
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 22: Διάγραμμα μεταβολής περιεχομένου του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Τα δύο δείγματα έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά την τιμή του ολικού οργανικού αζώτου. Η σειρά των πειραμάτων με την επικάλυψη CMC έδωσε λίγο καλύτερα αποτελέσματα καθώς διατήρησε την τιμή του περιεχομένου ολικού οργανικού αζώτου σε χαμηλότερα επίπεδα.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Πηκτίνης

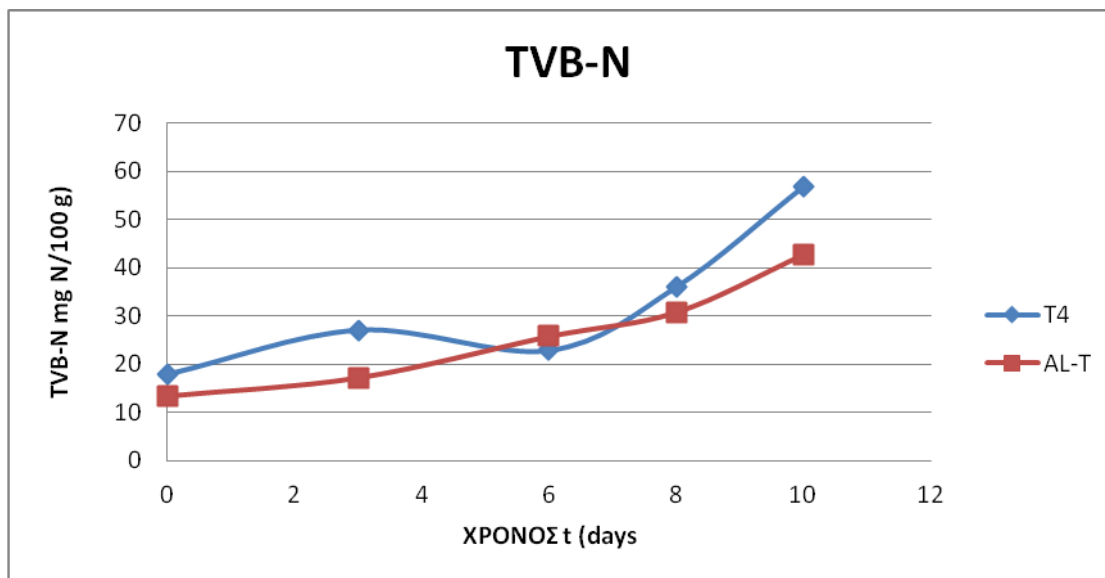


Διάγραμμα 23: Διάγραμμα μεταβολής περιεχομένου του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές μεταξύ του τυφλού δείγματος και του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη

πηκτίνης. Συνεπώς η επικάλυψη της πηκτίνης δεν έδωσε καλά αποτελέσματα στον περιορισμό της τιμής του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου.

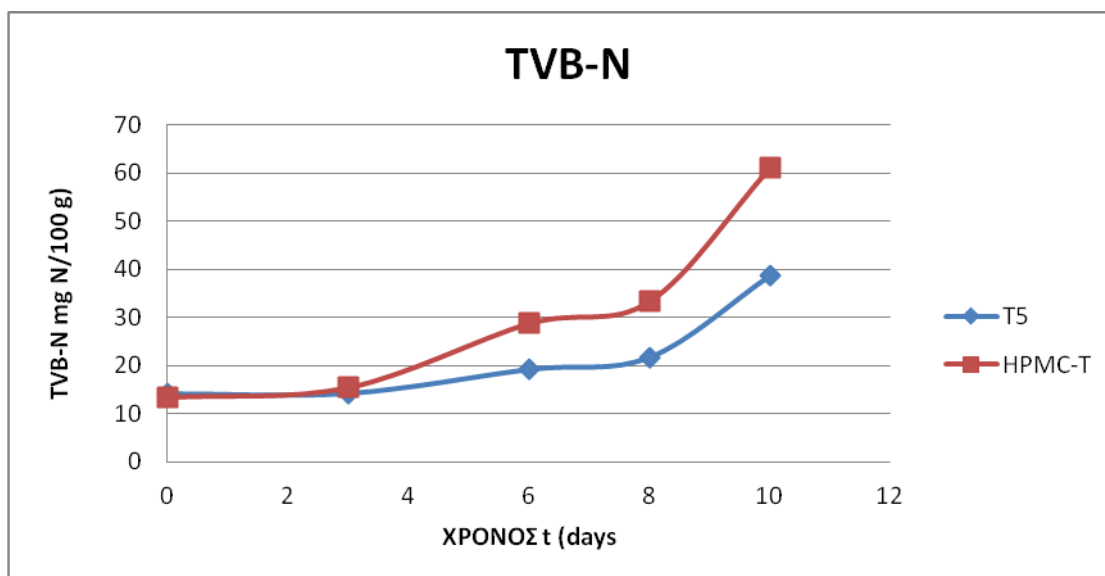
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 24; Διάγραμμα μεταβολής περιεχόμενου του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα, περιορίζοντας την αύξηση του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου κατά την αποθήκευσή τους.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 25: Διάγραμμα μεταβολής περιεχομένου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα με επικάλυψη HPMC

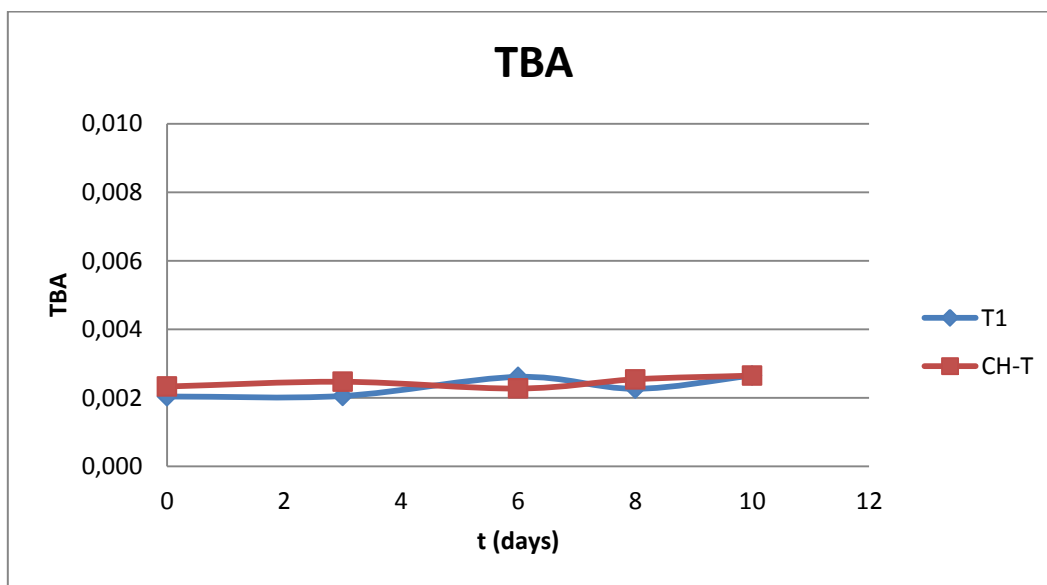
Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι η σειρά των δειγμάτων με επικάλυψη HPMC δεν έδωσε καλά αποτελέσματα για τις τιμές του περιεχομένου ολικού οργανικού αζώτου.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο ο χρόνος επέδρασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή του περιεχομένου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN). Παρατηρείται μεγάλη αύξηση της τιμής του TVBN μετά την αποθήκευση για 8d.

8.2.6 Ανάλυση θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

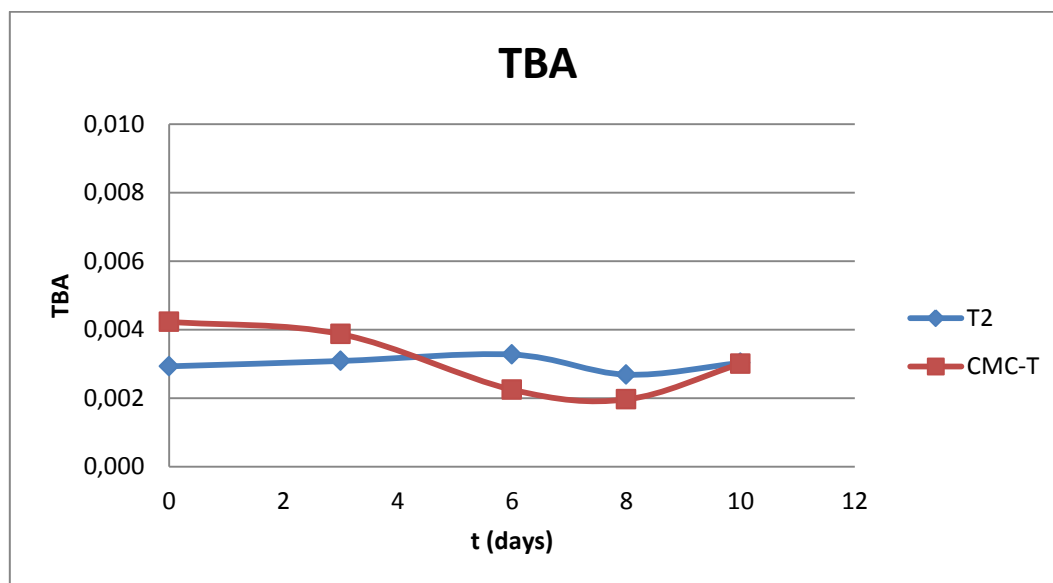
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 26: Διάγραμμα μεταβολής του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στην τιμή του θειοβαρβιτουρικού οξέος μεταξύ του τυφλού και του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης. Επιπλέον μικρές είναι και οι μεταβολές της τιμής του TBA για τους διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης.

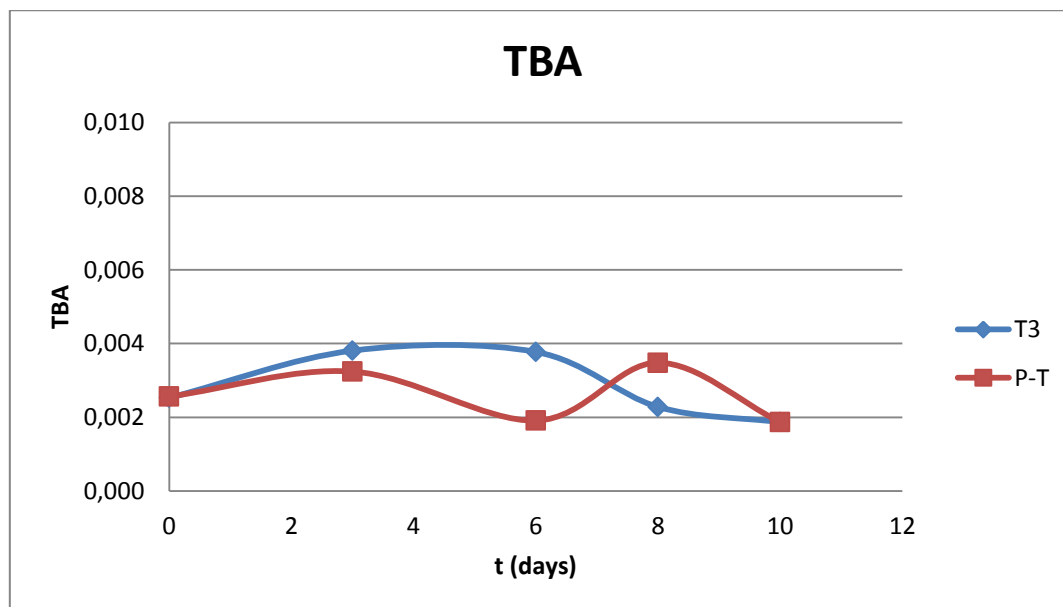
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 27: Διάγραμμα μεταβολής του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Παρατηρούνται μικρές διακυμάνσεις της τιμής του δείκτη TBA για το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη CMC. Μεγαλύτερη σταθερότητα εμφανίζει το τυφλό δείγμα.

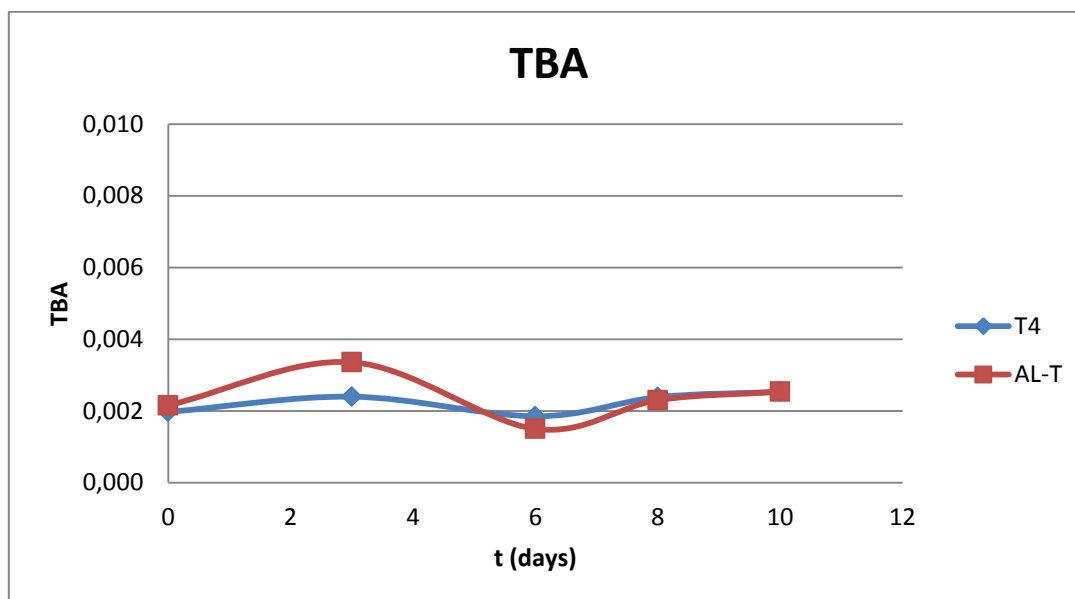
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 28 Διάγραμμα μεταβολής του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης

Παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις του δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος. Ωστόσο οι τελικές τιμές του δείκτη TBA έχουν μικρή διαφορά από την αρχική για τα δύο δείγματα γαρίδας.

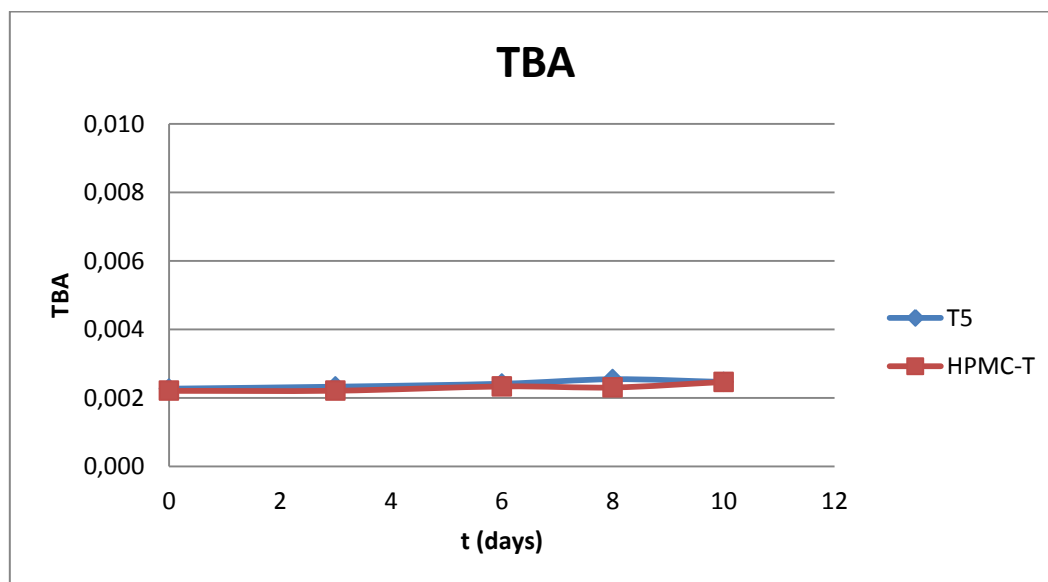
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 29: Διάγραμμα μεταβολής του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές του δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος μεταξύ των δειγμάτων γαρίδας.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 30: Διάγραμμα μεταβολής του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

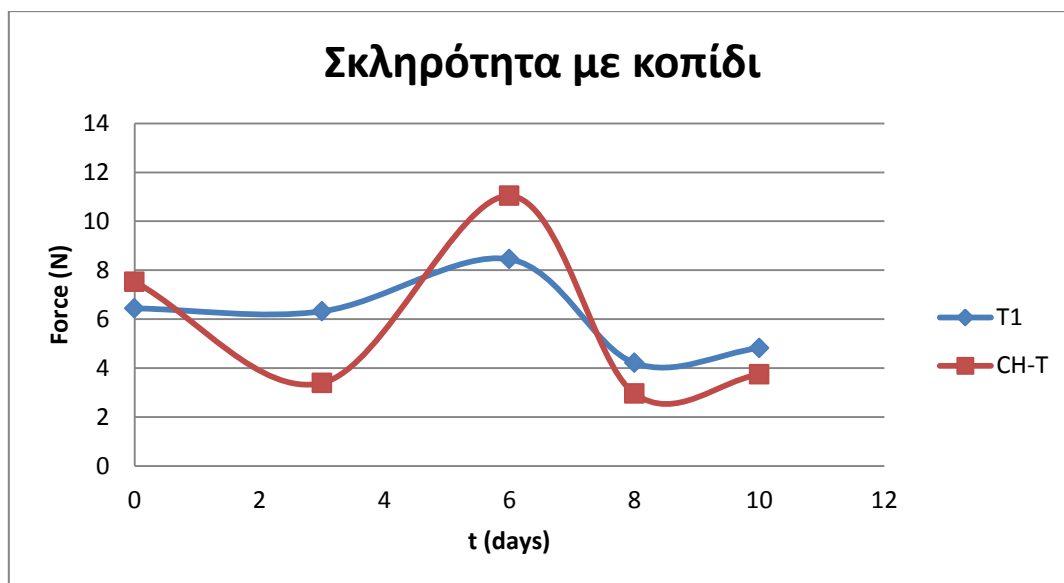
Δεν παρουσιάζονται διακυμάνσεις μεταξύ των δύο δειγμάτων γαρίδας, αλλά και μεταξύ των τιμών για τις διαφορετικές ημέρες αποθήκευσης.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο ο χρόνος αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή του θειοβαρβιτουρικού οξέος των δειγμάτων. Η μεταβολή της τιμής είναι πιο έντονη από το χρόνο $t=3d$.

8.2.7 Σκληρότητα βάσει της κοπής

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της κοπής για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

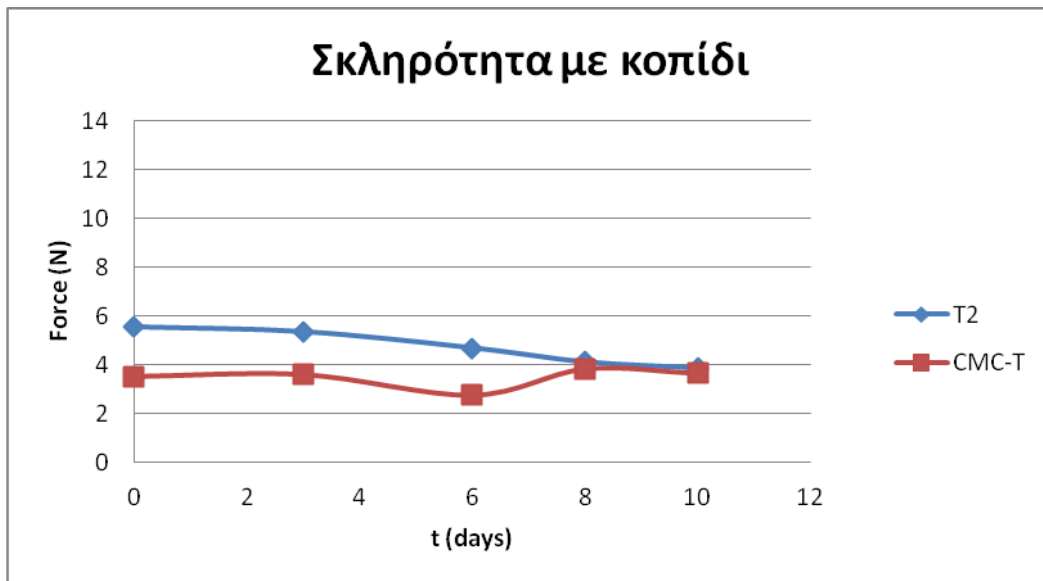
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 31: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις στη σκληρότητα των δύο δειγμάτων γαρίδας. Συνολικά η σκληρότητα του δείγματος με επικάλυψη χιτοζάνης είναι μικρότερη από του αντίστοιχου τυφλού.

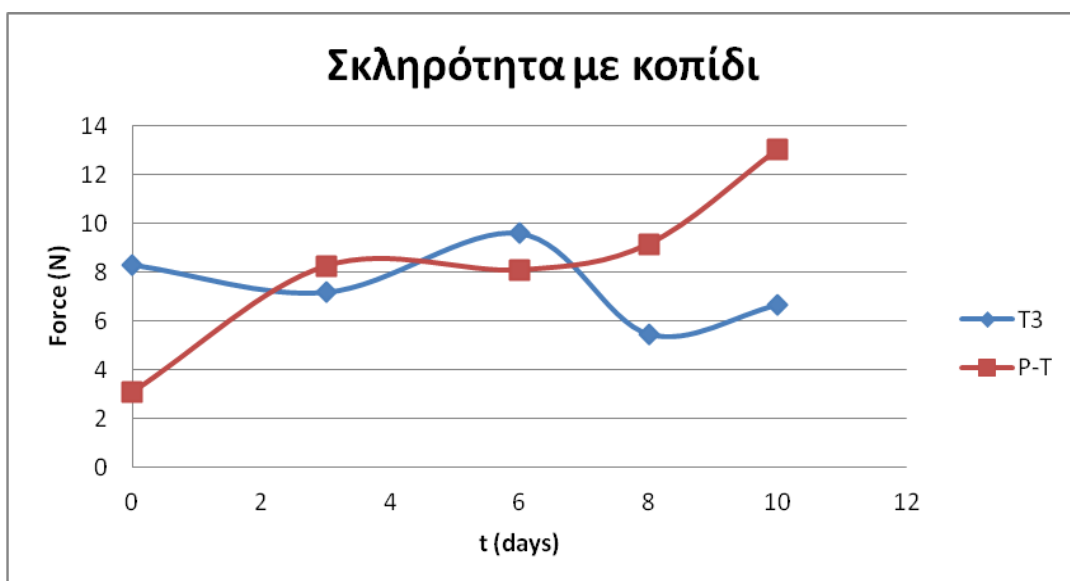
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 32: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στη σκληρότητα με το κοπίδι για το τυφλό δείγμα και το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη CMC. Γενικότερα το τυφλό δείγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη σκληρότητα κατά τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης, ενώ κατά τις τελευταίες ημέρες φαίνεται τα δείγματα να παρουσιάζουν παρόμοια σκληρότητα. Μεγαλύτερη σταθερότητα της σκληρότητας φαίνεται να παρουσιάζουν τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC.

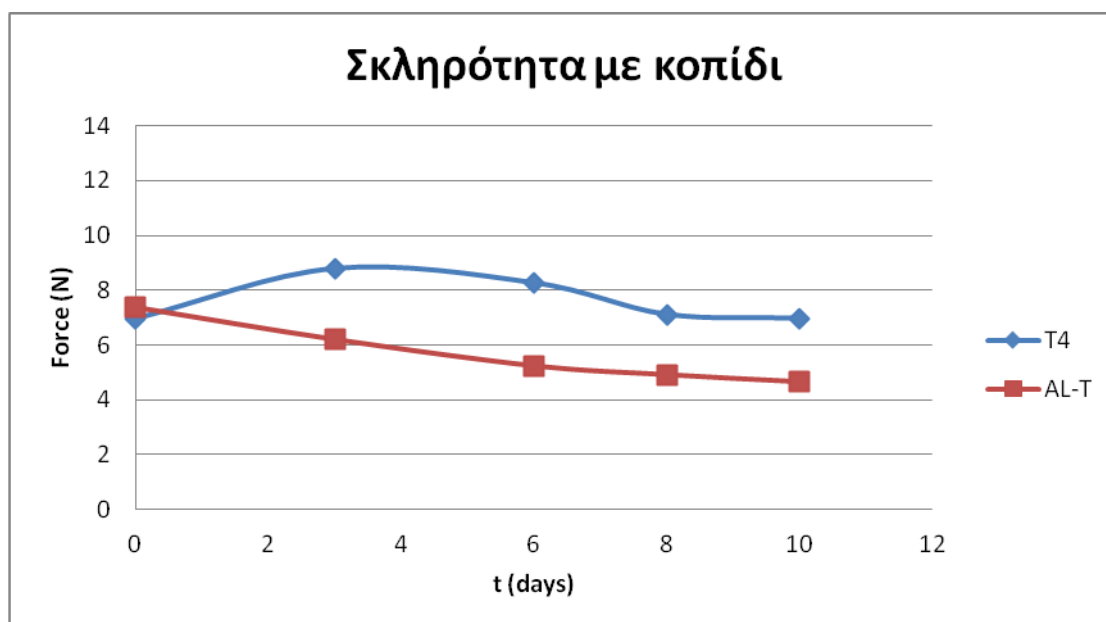
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 33: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Για το τυφλό δείγμα παρατηρούνται αυξομειώσεις στη σκληρότητα με το κοπίδι. Συνολικά η σκληρότητα του τυφλού δείγματος μειώνεται. Η σκληρότητα για το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη πηκτικής αυξάνεται κατά την αποθήκευση.

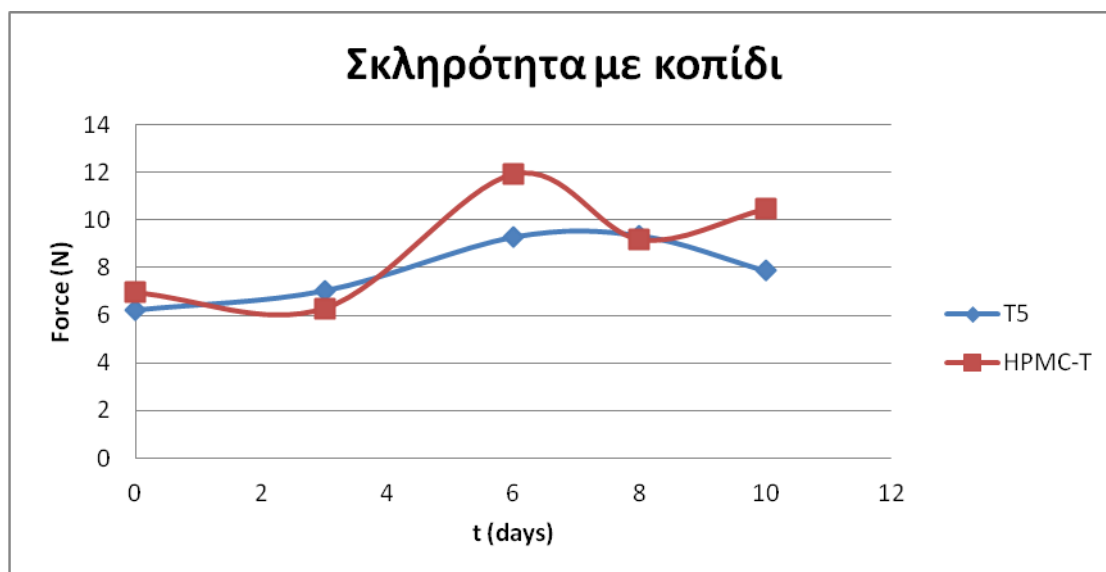
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 34: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Συγκρίνοντας τις δύο σειρές δειγμάτων παρατηρείται μία μείωση της σκληρότητας των δειγμάτων κατά την αποθήκευση. Το τυφλό δείγμα εμφανίζει μεγαλύτερη σκληρότητα και σταθερότητα αυτής σε σύγκριση με το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 35: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

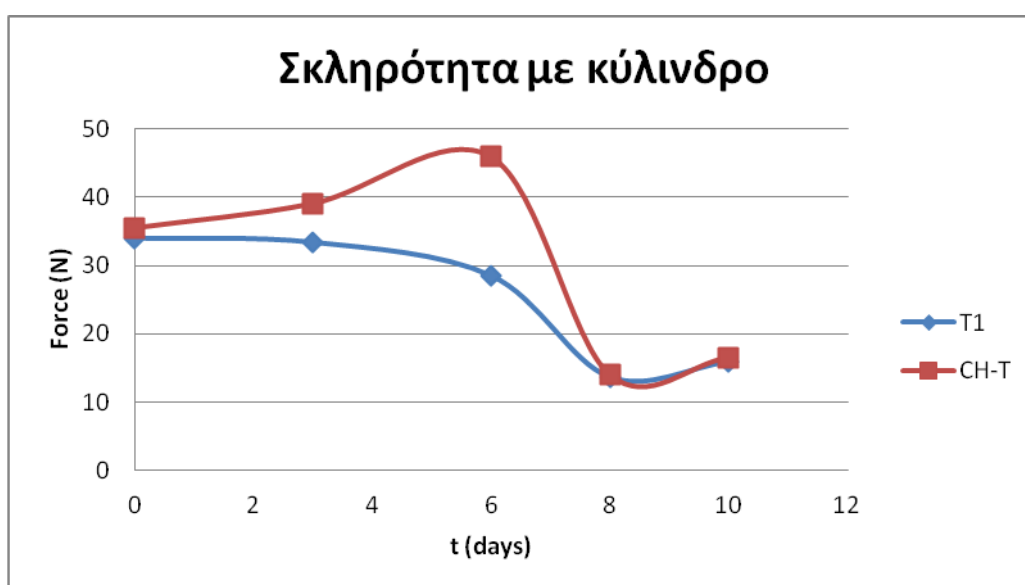
Κατά την αποθήκευση εμφανίζονται κάποιες διακυμάνσεις της σκληρότητας με βάση το κοπίδι. Συνολικά, το δείγμα με επικάλυψη HPMC εμφάνισε μεγαλύτερη σκληρότητα σε σχέση με το τυφλό δείγμα.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το είδος της μεμβράνης επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη σκληρότητα των δειγμάτων γαρίδας. Δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ της σκληρότητας του τυφλού δείγματος. Ωστόσο σημαντικές είναι οι διαφορές μεταξύ του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη CMC και των δειγμάτων με επικάλυψη πηκτίνης και HPMC.

8.2.8 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

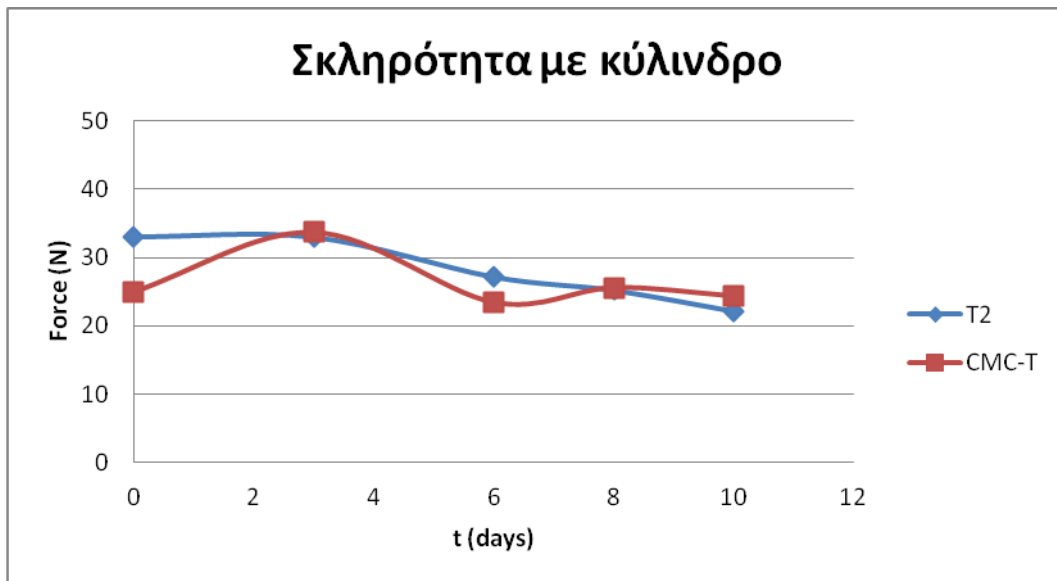
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 36: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης εμφανίζουν μεγαλύτερη σκληρότητα σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Τις τελευταίες ημέρες τα δύο δείγματα φαίνεται να εμφανίζουν παρόμοια σκληρότητα. Συνολικά η σκληρότητα βάσει της συμπίεσης μειώνεται κατά την αποθήκευση.

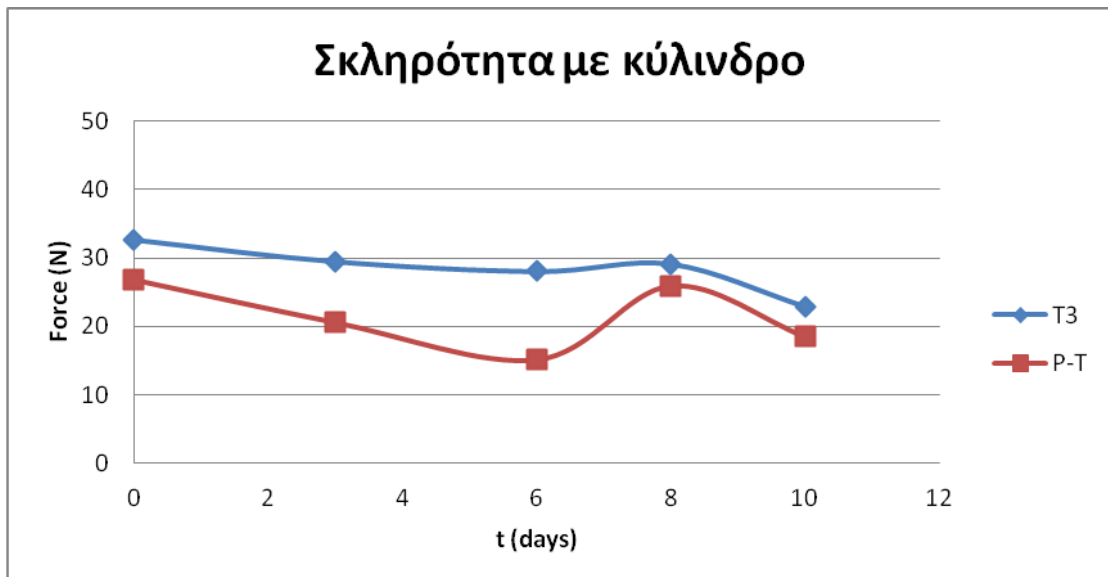
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 37: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στις τιμές σκληρότητας των δειγμάτων. Τα δύο δείγματα φαίνεται να παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές σκληρότητας. Τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC εμφανίζουν μεγαλύτερη σταθερότητα της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης.

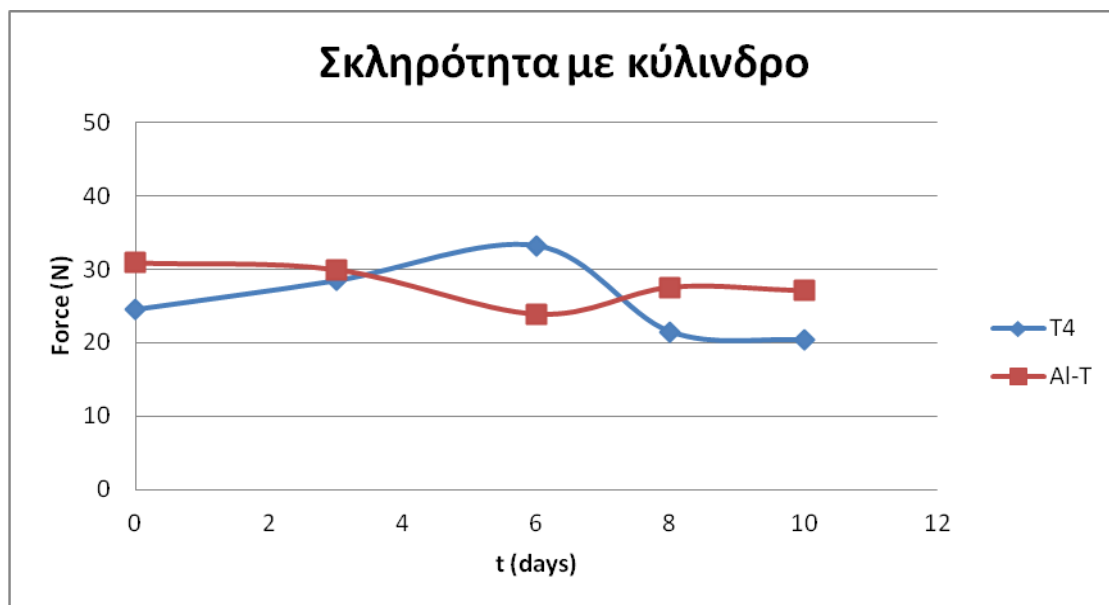
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Πηκτίνης



Διάγραμμα 38: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Κατά την αποθήκευση παρατηρείται μείωση της σκληρότητας των δειγμάτων βάσει της συμπίεσης. Το τυφλό δείγμα εμφανίζει μεγαλύτερη σκληρότητα από το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης.

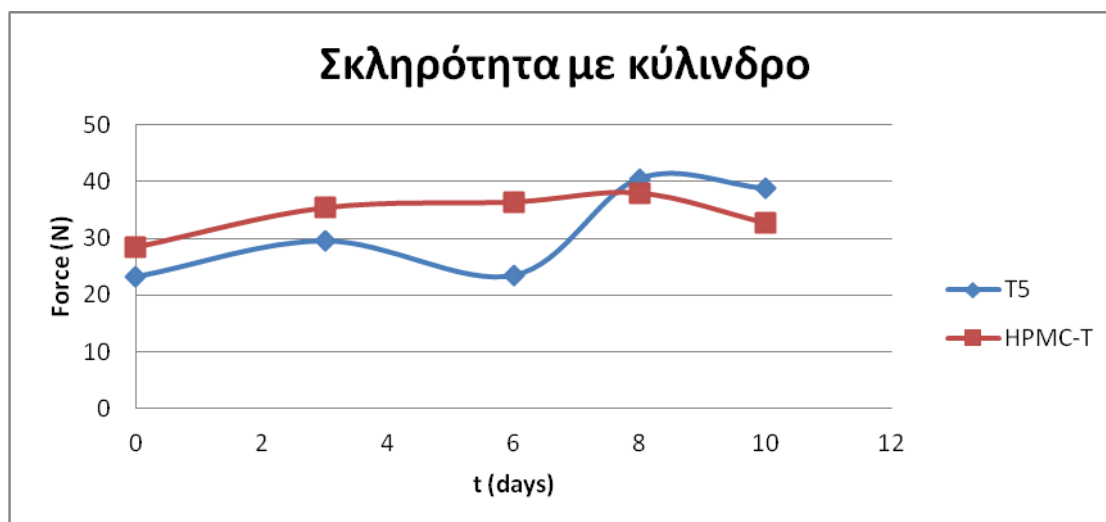
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 39: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Όσον αφορά τη σκληρότητα των δειγμάτων γαρίδας με βάση τον κύλινδρο δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές. Μεγαλύτερη σκληρότητα και σταθερότητα παρουσιάζει το δείγμα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 40: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

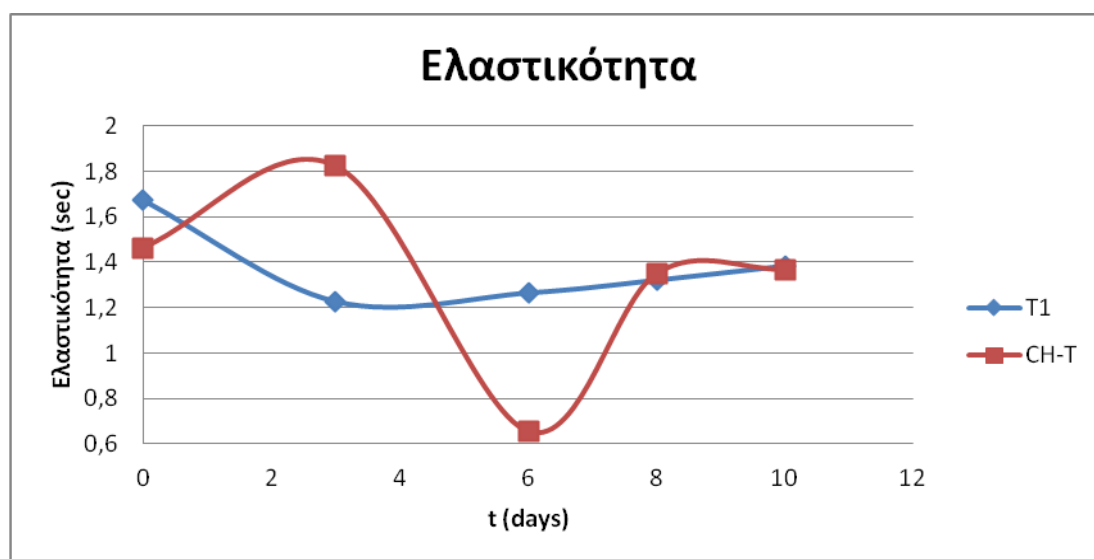
Όσον αφορά τη σκληρότητα με βάση τη συμπίεση για το τυφλό δείγμα παρουσιάζεται μία αύξηση κατά την αποθήκευση. Το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη HPMC παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα της σκληρότητας κατά την αποθήκευση.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το είδος της μεμβράνης επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη σκληρότητα των δειγμάτων με βάση τον κύλινδρο. Σημαντικές είναι οι διαφορές στη σκληρότητα μεταξύ του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη HPMC και των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης, CMC και πηκτίνης. Τη μεγαλύτερη σκληρότητα εμφανίζουν τα δείγματα με επικάλυψη HPMC, ενώ τη μικρότερη τα δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης.

8.2.9 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της ελαστικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

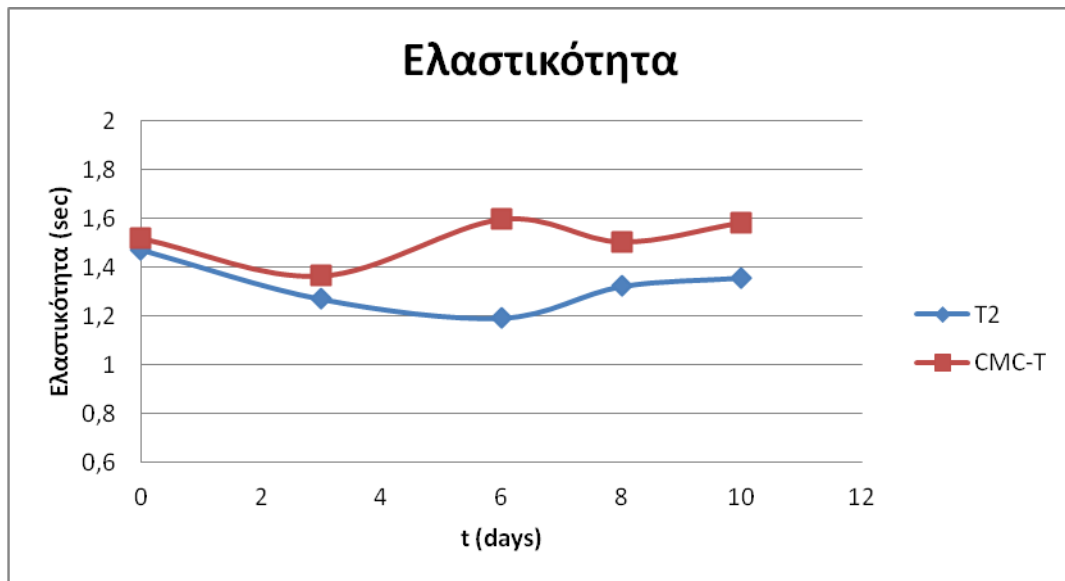
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 41: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρούνται ορισμένες αυξομειώσεις της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης. Το τυφλό δείγμα εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα της ελαστικότητας. Συνολικά δεν εντοπίζονται μεγάλες διαφορές μεταξύ των τιμών της αρχικής και της τελικής ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης.

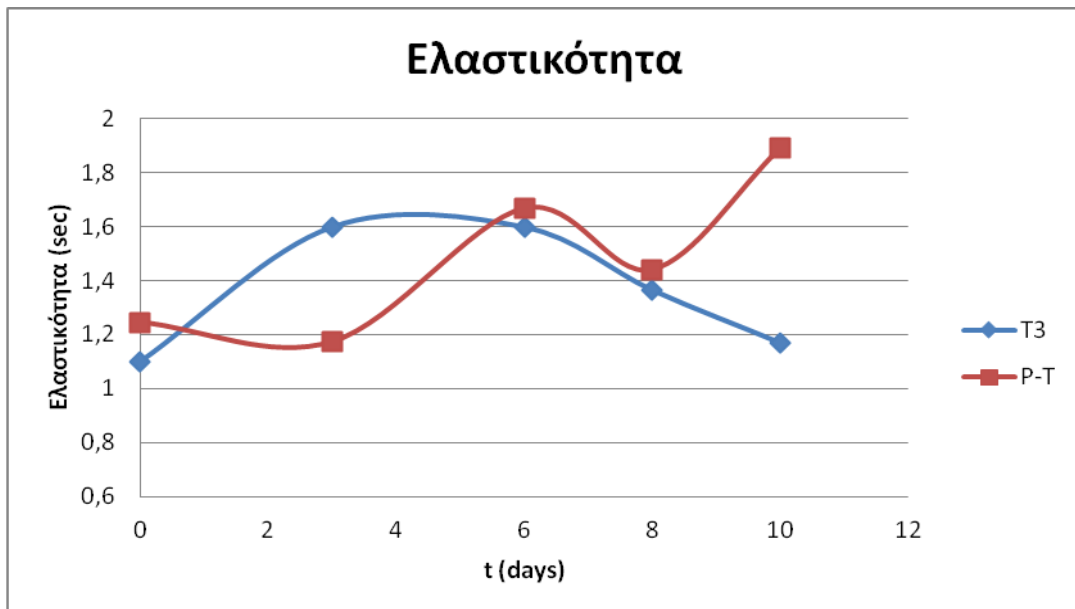
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 42: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στην ελαστικότητα των δειγμάτων. Τα δύο δείγματα γαρίδας φαίνεται να διατηρούν την ελαστικότητά τους. Ωστόσο, η επικάλυψη με CMC φαίνεται να προσδίδει μεγαλύτερη ελαστικότητα στα δείγματα.

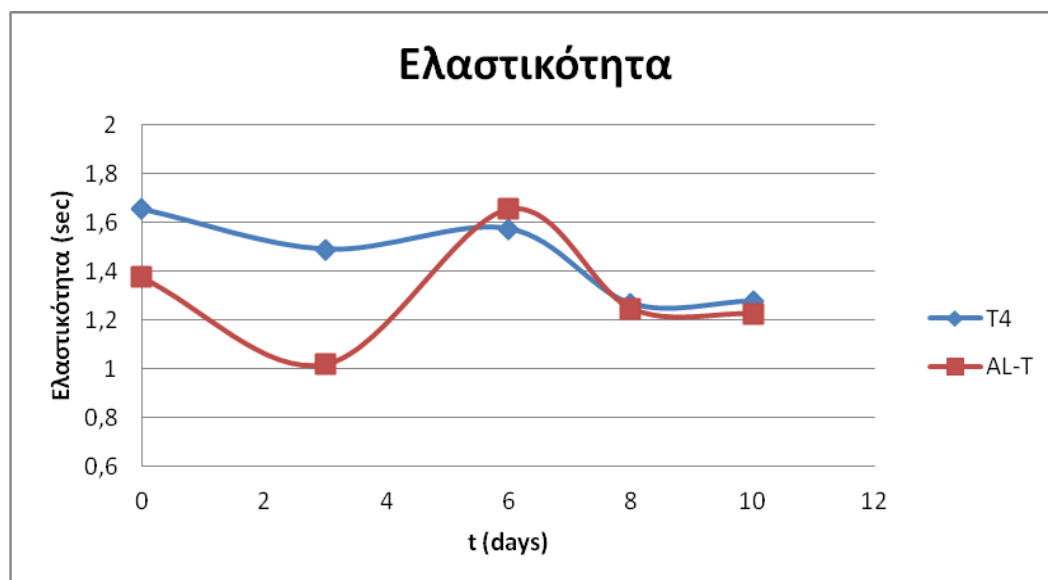
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 43: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Για την ελαστικότητα παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις στα δείγματα γαρίδας κατά την αποθήκευση. Συνολικά συγκρίνοντας τα δύο δείγματα είναι εμφανές ότι για το τυφλό δείγμα η ελαστικότητα δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα, ενώ για το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη ιηκτίνης παρατηρείται αύξηση της ελαστικότητας.

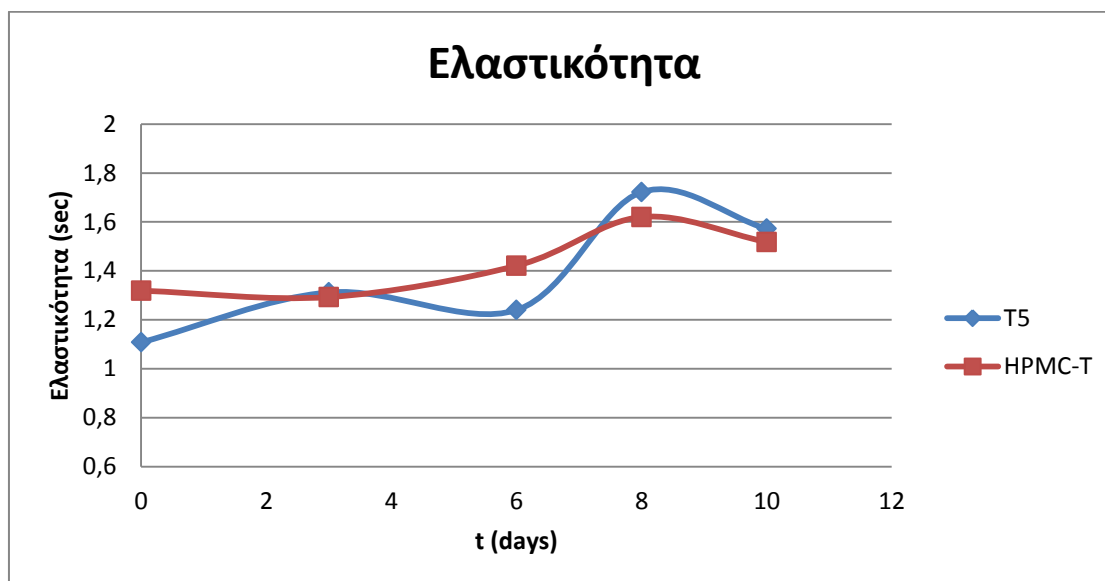
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 44: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις και για τα δύο δείγματα γαρίδας. Μεγαλύτερη σταθερότητα εμφανίζει το τυφλό δείγμα. Συγκρίνοντας βέβαια συνολικά τα δείγματα παρατηρείται ότι στο δείγμα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου δεν εμφανίζονται μεγάλες διαφορές μεταξύ της αρχικής και της τελικής τιμής της ελαστικότητας.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 45: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

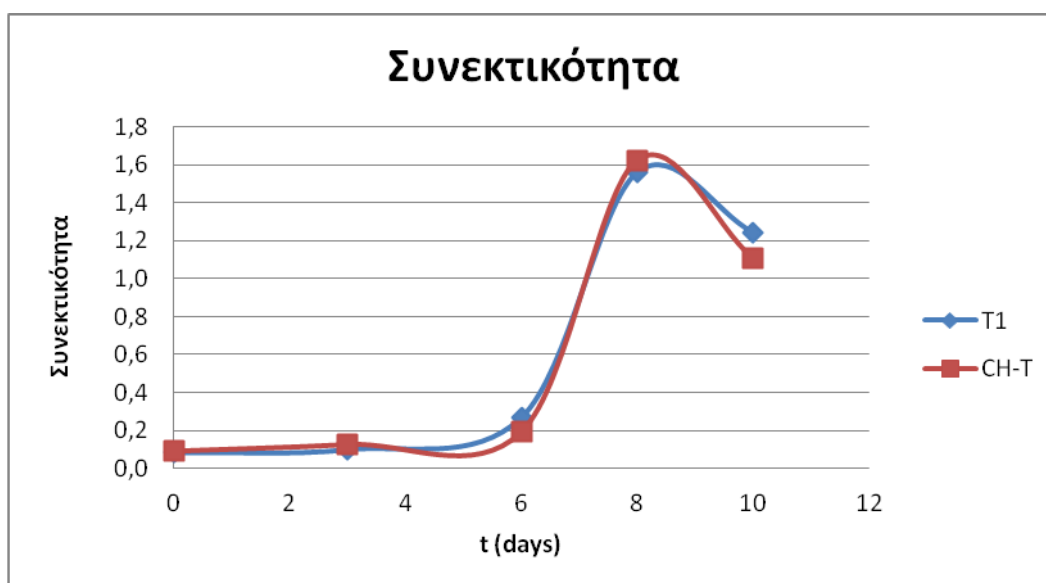
Για την ελαστικότητα των δειγμάτων γαρίδας παρατηρούνται διαφοροποιήσεις. Η ελαστικότητα για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC εμφανίζουν μεγαλύτερη σταθερότητα. Στο τέλος της αποθήκευσης το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη HPMC παρουσίασε μικρότερη ελαστικότητα σε σχέση με το τυφλό.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στην ελαστικότητα των δειγμάτων.

8..2.10 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της συνεκτικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

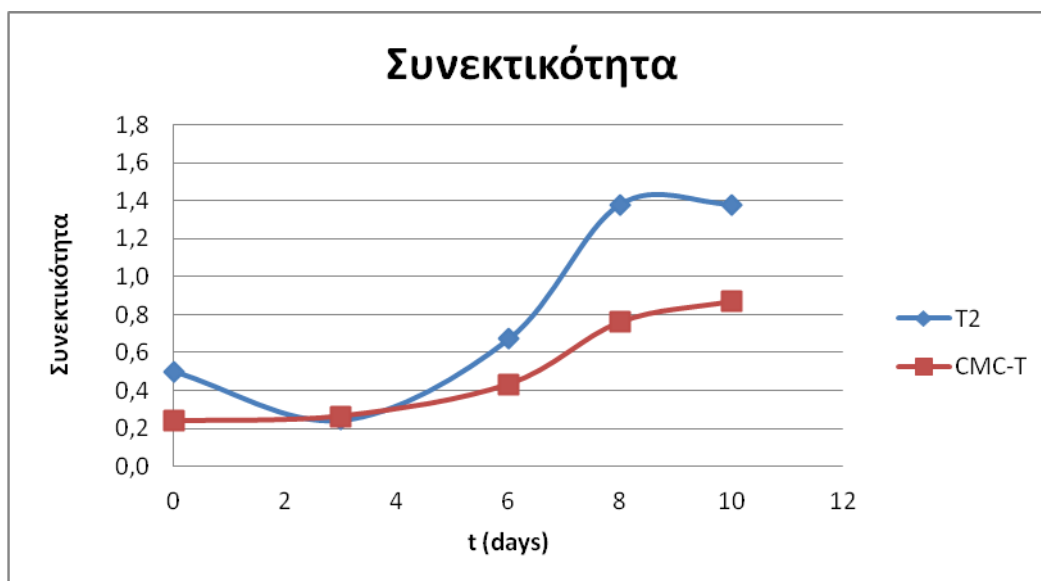
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 46: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Οι διαφορές σε ότι αφορά τη συνεκτικότητα που εμφανίζονται μεταξύ του τυφλού δείγματος γαρίδας και αυτού με επικάλυψη χιτοζάνης είναι μικρές.

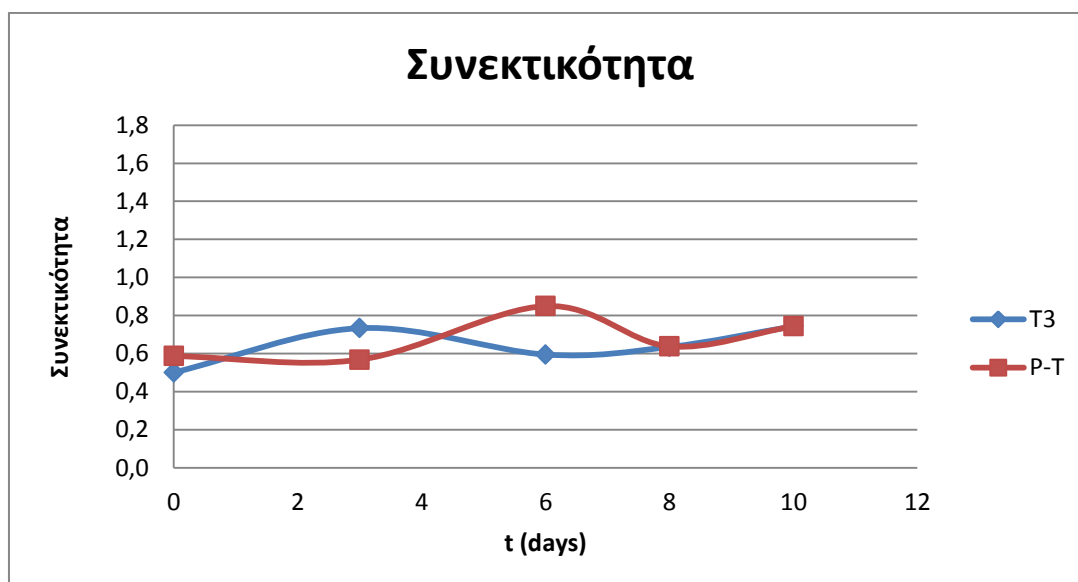
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 47: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας παρατηρείται μία αύξηση της συνεκτικότητάς τους. Το τυφλό δείγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη συνεκτικότητα από το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη CMC.

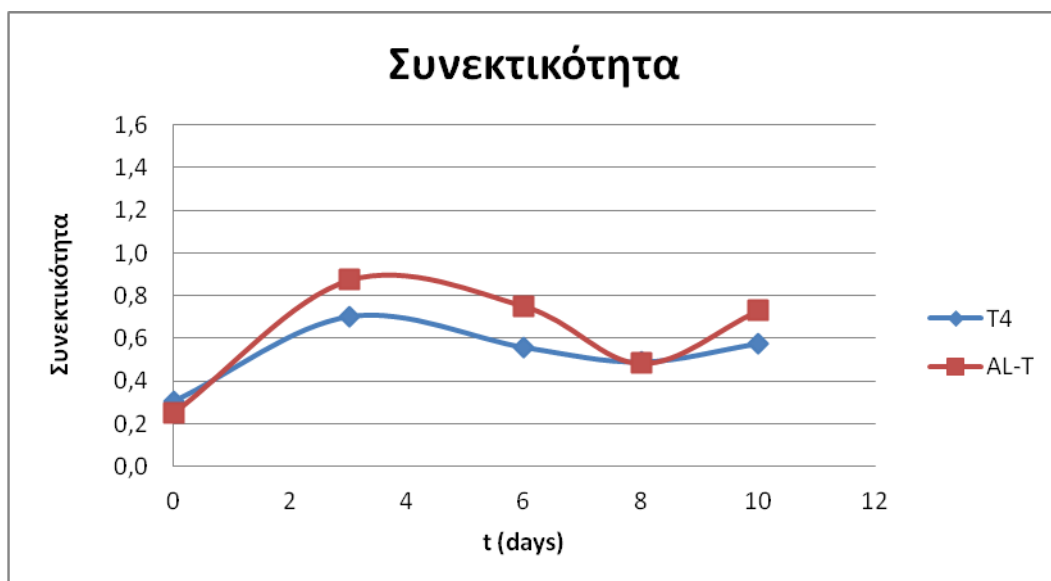
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 48: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Η συνεκτικότητα των δειγμάτων γαρίδας δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές κατά την αποθήκευση. Το τυφλό δείγμα και το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης εμφανίζουν παρόμοιες τιμές συνεκτικότητας.

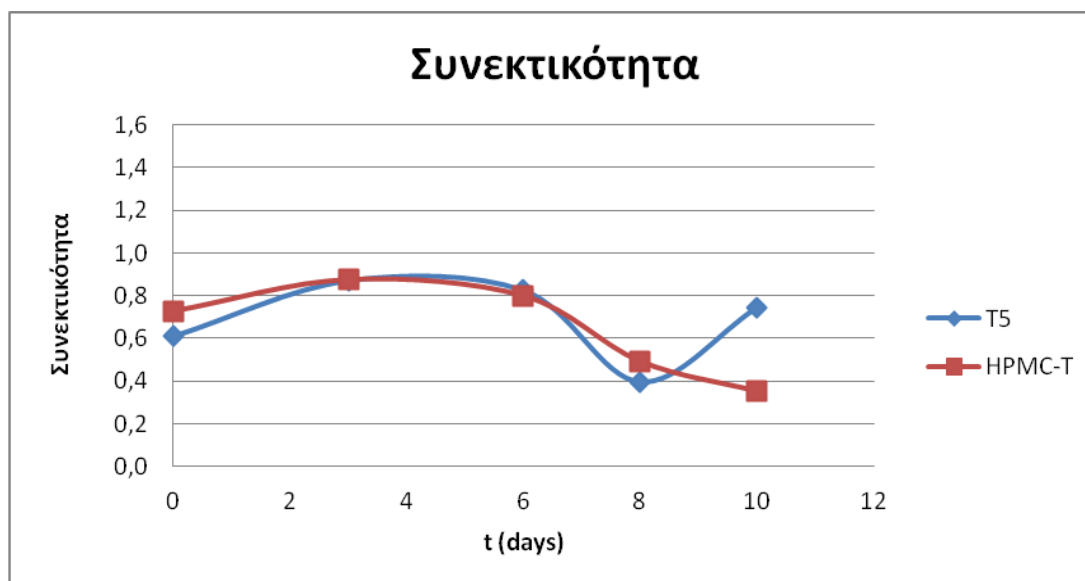
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Αλγινικού Νατρίου



Διάγραμμα 49: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές στη συνεκτικότητα των δύο δειγμάτων γαρίδας κατά την αποθήκευση. Το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου εμφανίζει μεγαλύτερη συνεκτικότητα σε σχέση με το τυφλό.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 50: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

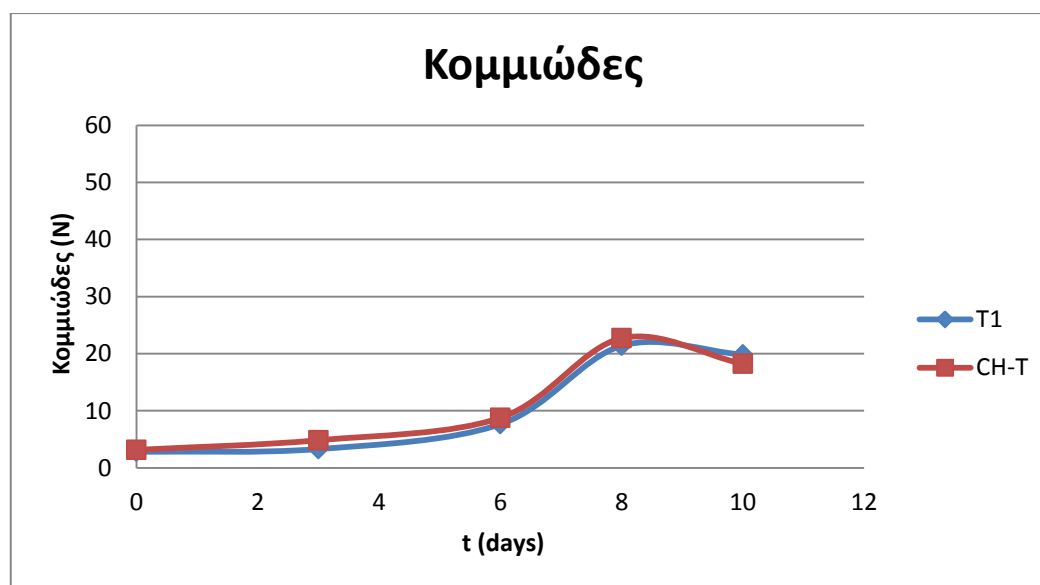
Δεν παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας όσον αφορά τη συνεκτικότητά τους. Η διαφορά γίνεται αισθητή κατά την τελευταία ημέρα της αποθήκευσης όπου η συνεκτικότητα για το τυφλό δείγμα είναι μεγαλύτερη.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στη συνεκτικότητα των δειγμάτων.

8.2.11 Κομμιώδες βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του κομμιώδους βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

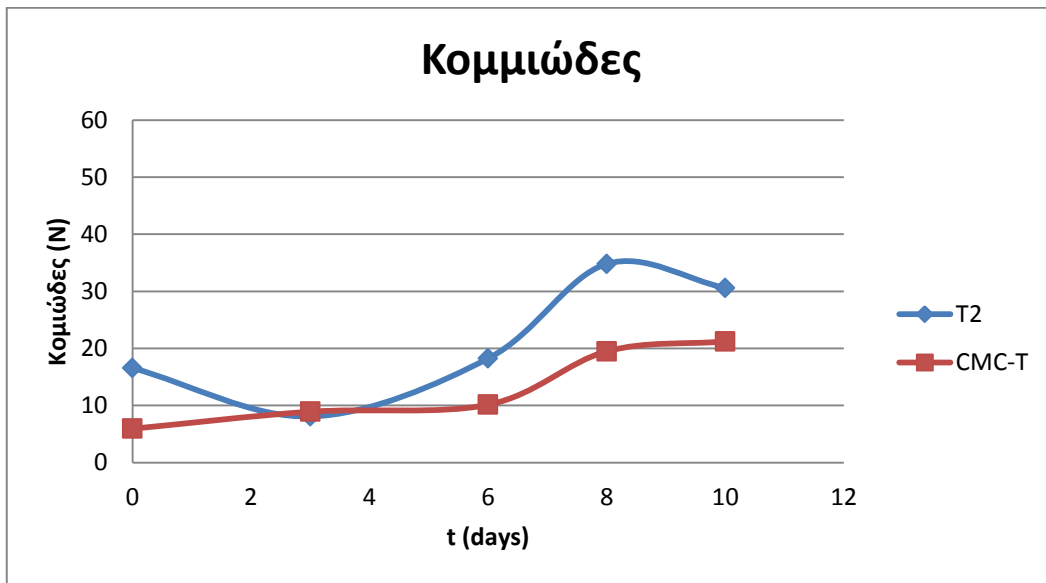
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 51: Διάγραμμα μεταβολής του κομμιώδους για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρείται μία αύξηση του κομμιώδους των δειγμάτων. Δεν εμφανίζονται μεγάλες διαφορές στις τιμές του κομμιώδους μεταξύ του τυφλού δείγματος και του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης.

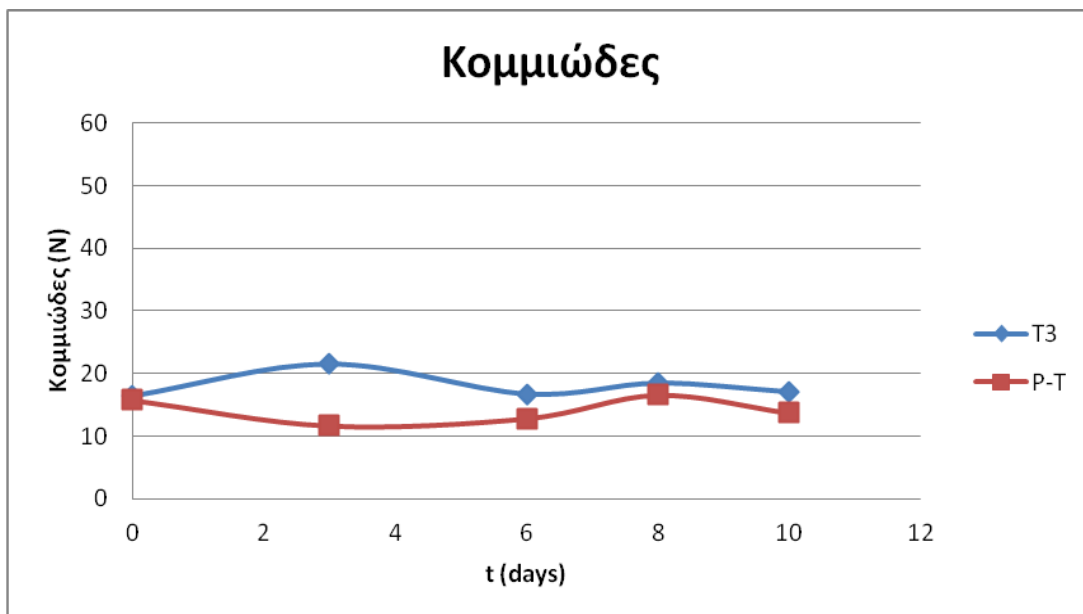
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 52: Διάγραμμα μεταβολής του κομμιώδους για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Κατά την αποθήκευση των δειγμάτων παρατηρείται μία αύξηση στο κομμιώδες τους. Το τυφλό δείγμα παρουσιάζει μεγαλύτερο κομμιώδες από το δείγμα με την επικάλυψη CMC. Το επικαλυμμένο δείγμα εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα στο κομμιώδες.

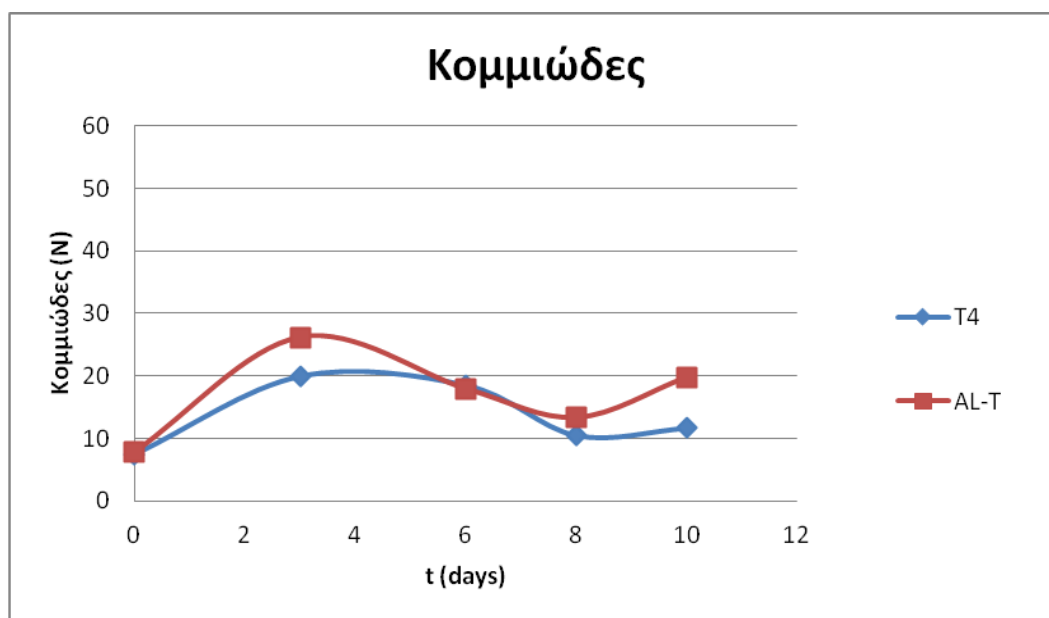
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 53: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Δεν παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές στο κομμώδες κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας. Το τυφλό δείγμα εμφανίζει μεγαλύτερο κομμώδες από το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης.

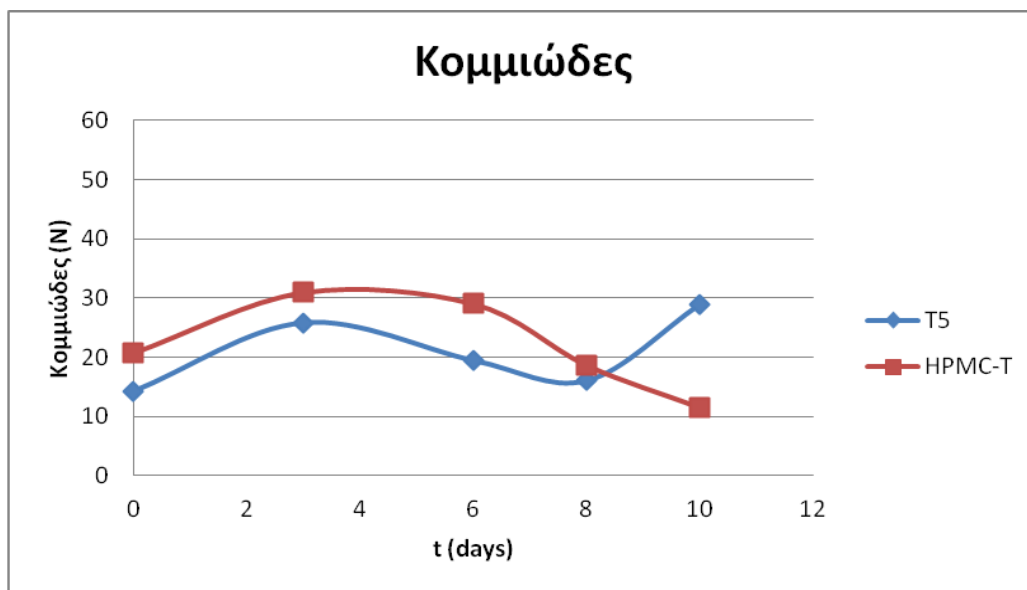
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 54: Διάγραμμα μεταβολής του κομμώδους για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Τα δύο δείγματα γαρίδας εμφανίζουν παρόμοιο κομμώδες κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου βέβαια παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές κομμώδους.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 55: Διάγραμμα μεταβολής του κομμώδους για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

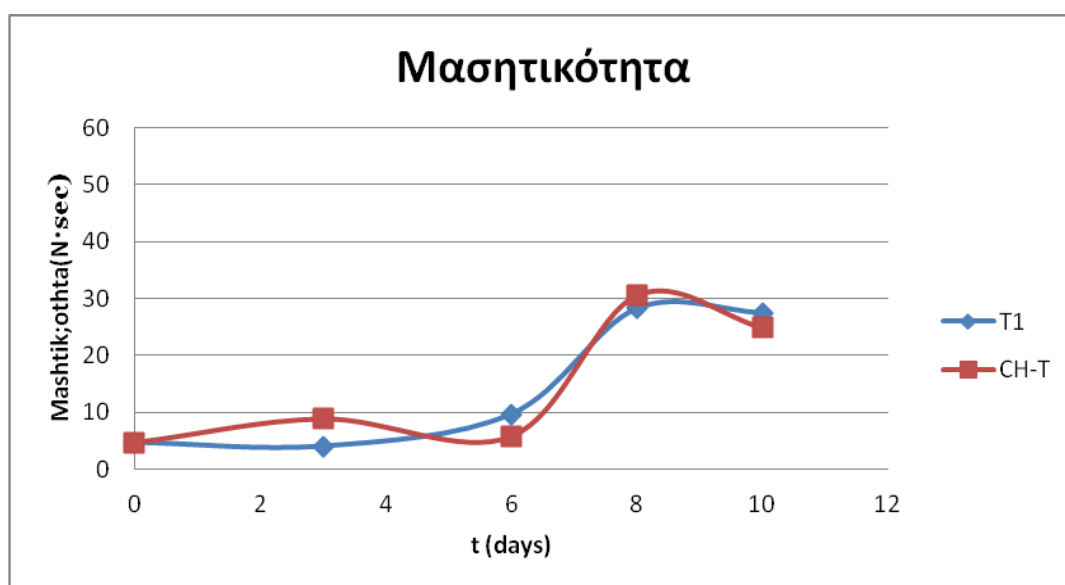
Αρχικά τα δύο δείγματα γαρίδας παρουσιάζουν παρόμοιες μεταβολές στο κομμώδες τους. Αρχικά το επικαλυμμένο δείγμα γαρίδας έχει μεγαλύτερο κομμώδες από το τυφλό, ενώ στο τέλος της αποθήκευσης το κομμώδες του τυφλού δείγματος εμφανίζεται μεγαλύτερο από αυτό του επικαλυμμένου.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στο κομμώδες των δειγμάτων.

8.2.12 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

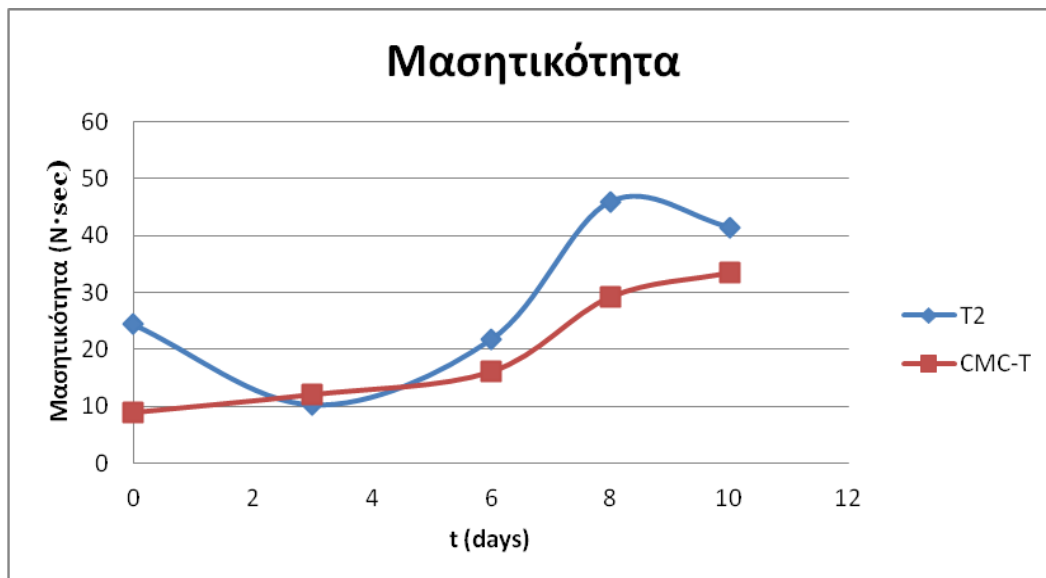
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Χιτοζάνης



Διάγραμμα 56: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρείται μία αύξηση της μασητικότητας για τα δύο δείγματα γαρίδας. Δεν εντοπίζονται μεγάλες διαφορές στην τιμή της μασητικότητας μεταξύ του τυφλού δείγματος και εκείνου με επικάλυψη χιτοζάνης.

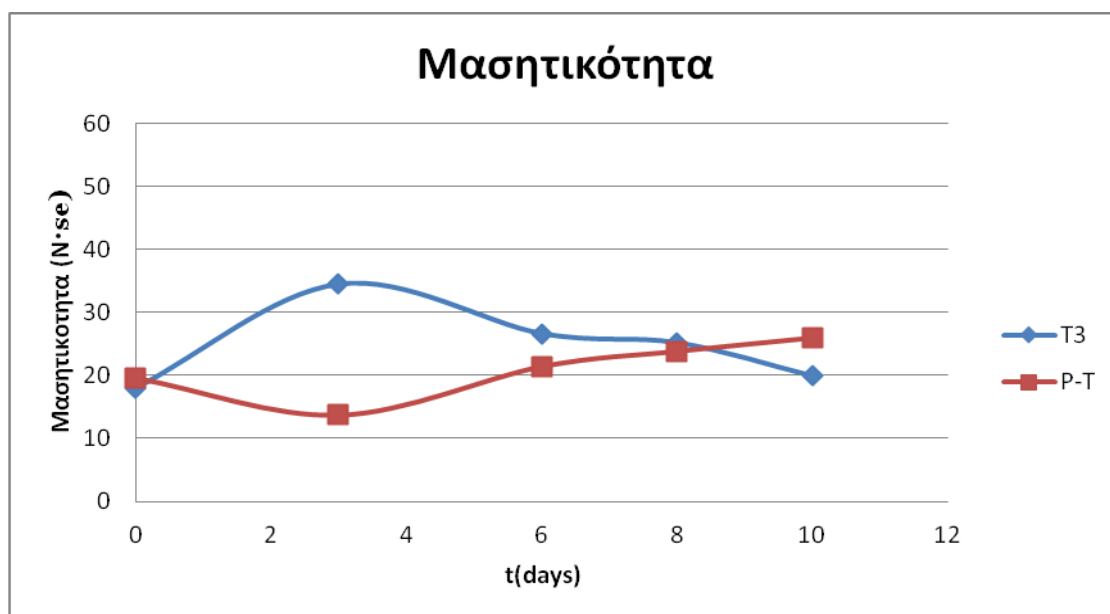
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 57: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Παρατηρείται μια αύξηση της μασητικότητας κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας. Το τυφλό δείγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη μασητικότητα από εκείνο με επικάλυψη CMC.

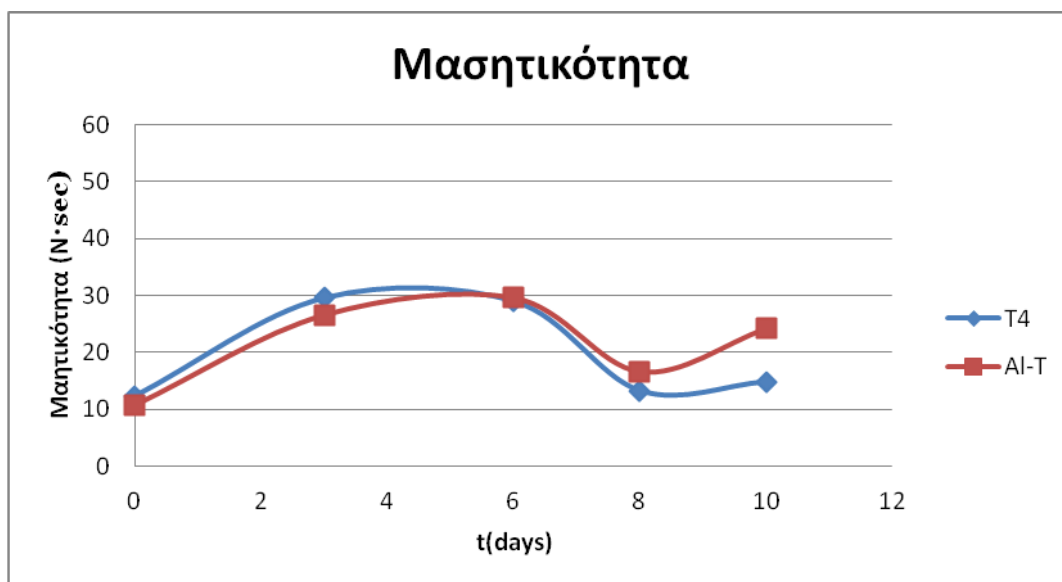
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 58: Διάγραμμα ανάλυσης της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Σε ότι αφορά τη μασητικότητα για το τυφλό δείγμα παρατηρείται μία μείωσή της, ενώ για το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη πηκτικής παρατηρείται μία αύξηση. Μετά το πέρας της αποθήκευσης η μασητικότητα του επικαλυμμένου δείγματος γαρίδας είναι μεγαλύτερη από αυτή του τυφλού δείγματος.

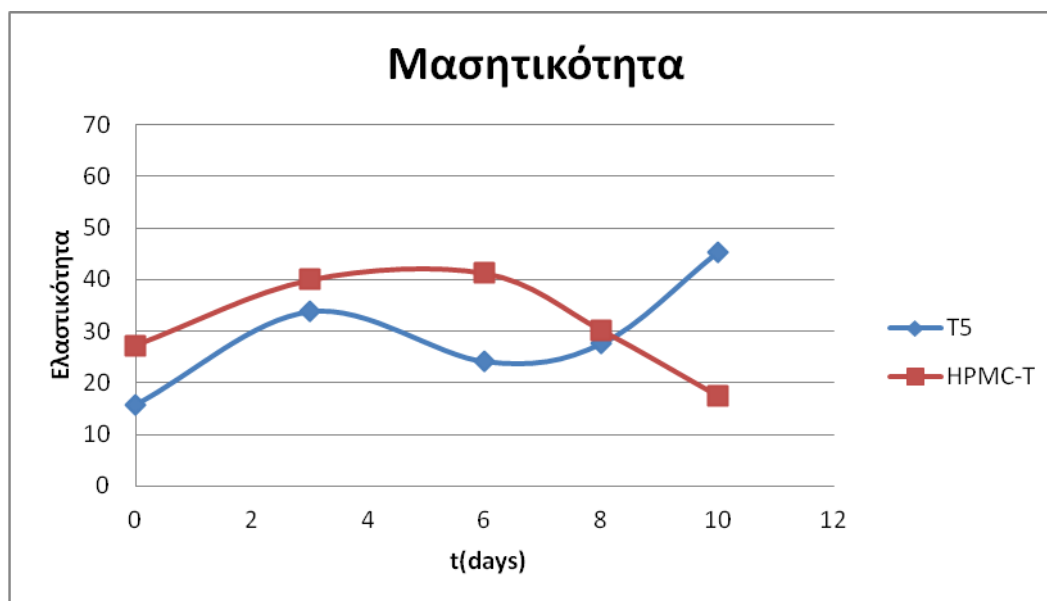
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 59: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου

Τα δύο δείγματα γαρίδας παρουσιάζουν παρόμοια μασητικότητα κατά τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης. Στην τελευταία ημέρα αποθήκευσης φαίνεται ότι το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου εμφανίζει μεγαλύτερη μασητικότητα.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη ΗΡΜC



Διάγραμμα 60: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη ΗΡΜC'

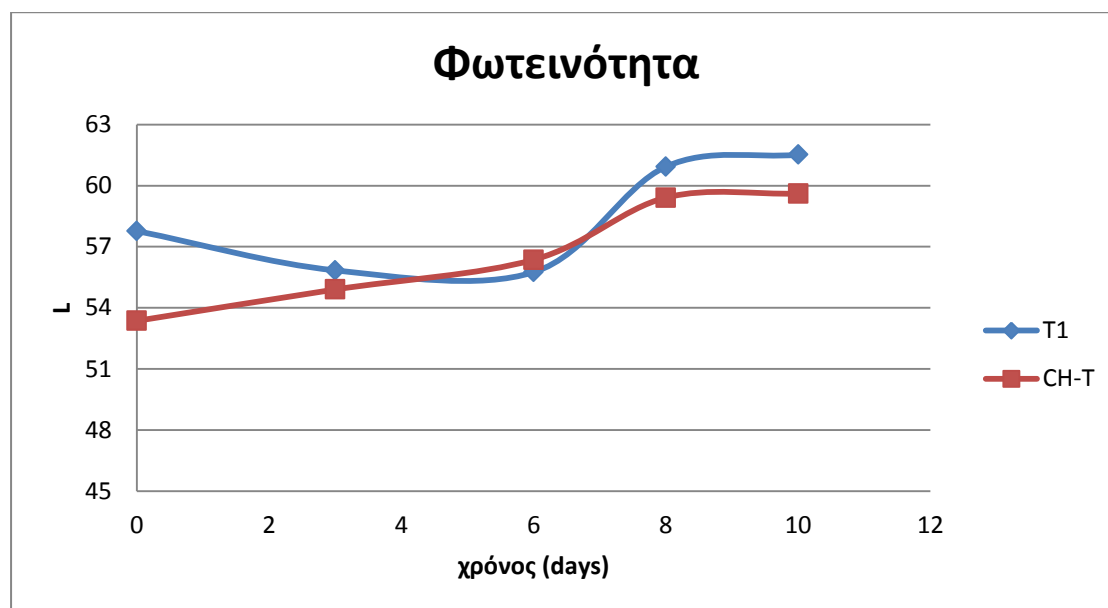
Αρχικά τα δύο δείγματα γαρίδας εμφανίζουν ομοιόμορφη μεταβολή στη μασητικότητα. Στο τέλος της αποθήκευσης η μασητικότητα του τυφλού δείγματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη ΗΡΜC.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στη μασητικότητα των δειγμάτων.

8.2.13 Φωτεινότητα

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

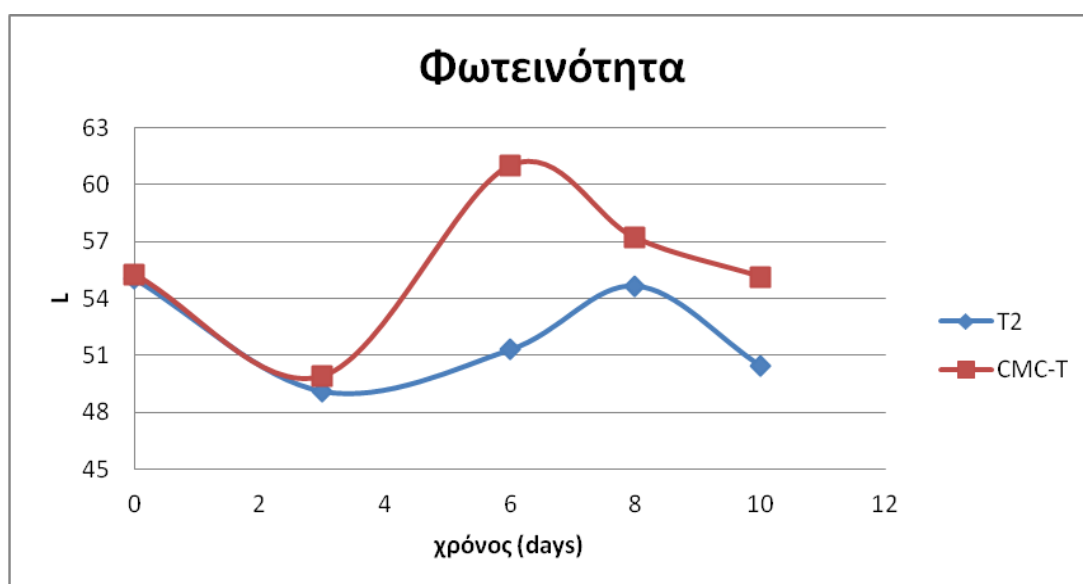
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 61: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρείται αύξηση της φωτεινότητας για τα δύο δείγματα γαρίδας. Το τυφλό δείγμα εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή φωτεινότητας από το δείγμα με επικάλυψη χιτοζάνης.

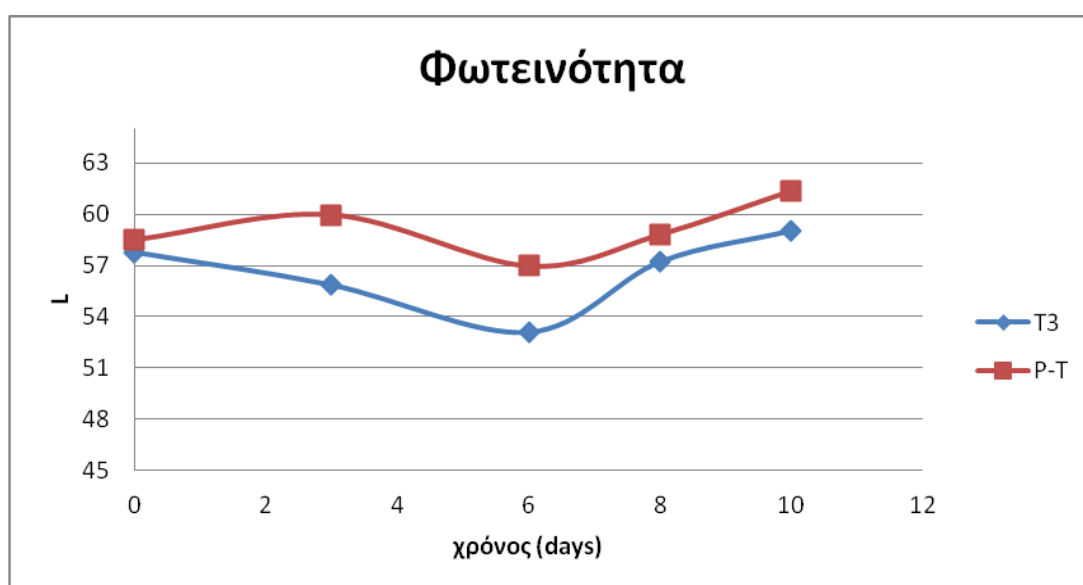
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 62: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Παρατηρείται ότι εμφανίζονται κάποιες διακυμάνσεις της φωτεινότητας και για τα δύο δείγματα γαρίδας. Το δείγμα με επικάλυψη CMC παρουσιάζει μεγαλύτερη φωτεινότητα από το τυφλό δείγμα. Από τη συνολική μεταβολή της φωτεινότητας διαπιστώνεται ότι αυτή δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας ημέρας αποθήκευσης για το δείγμα με επικάλυψη CMC.

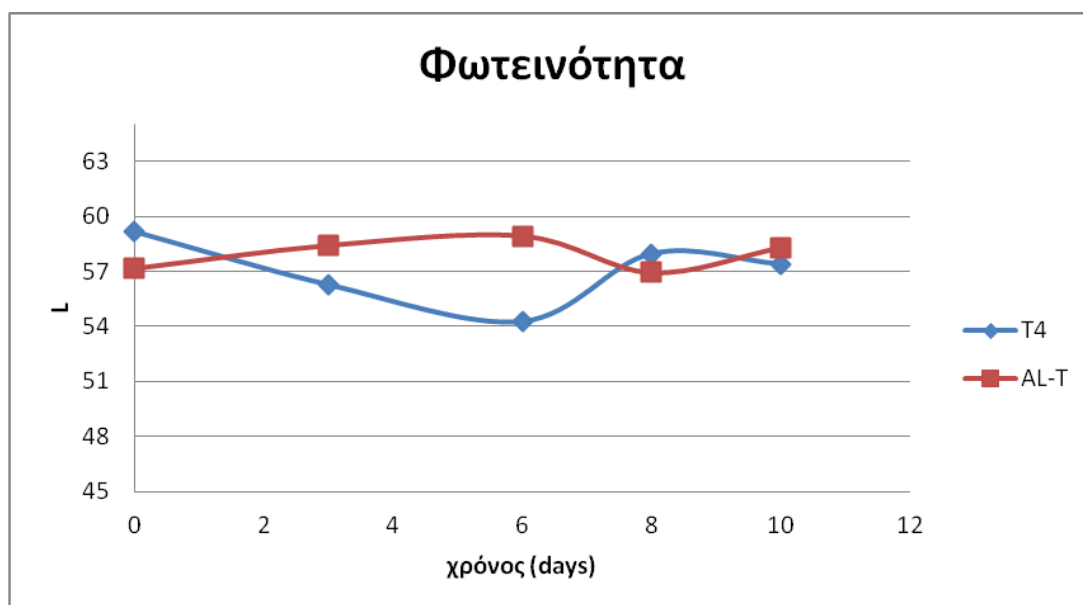
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 63: Διάγραμμα ανάλυσης της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Δεν παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές στη φωτεινότητα των δειγμάτων γαρίδας κατά την αποθήκευσή τους. Το δείγμα με επικάλυψη πηκτίνης εμφανίζει μεγαλύτερη φωτεινότητα από το αντίστοιχο τυφλό δείγμα.

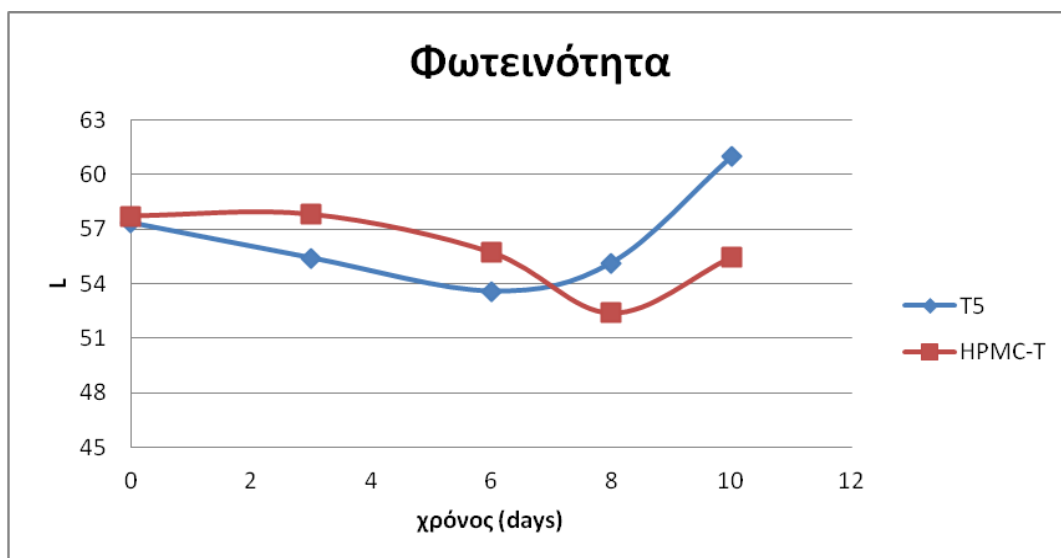
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 64: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου φαίνεται να μην εμφανίζει μεγάλες μεταβολές των τιμών της φωτεινότητας.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 65: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

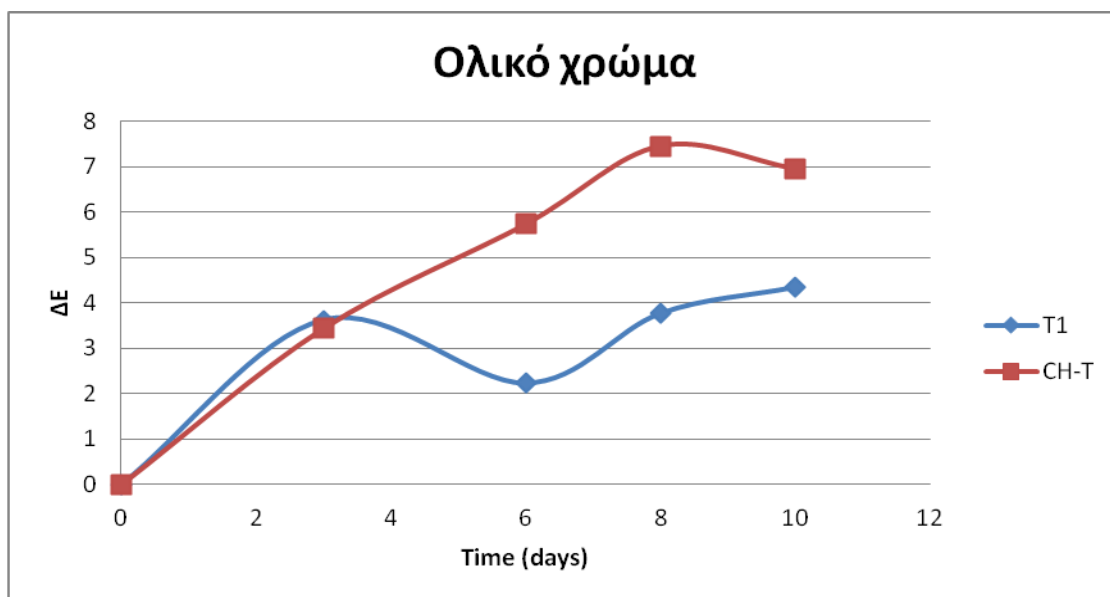
Η φωτεινότητα του δείγματος γαρίδας με επικάλυψη HPMC δεν φαίνεται να έχει μεγάλες μεταβολές μεταξύ της αρχικής και της τελικής τιμής της. Η φωτεινότητα για το τυφλό δείγμα γαρίδας αυξάνεται. Συνολικά η σωτεινότητα του τυφλού δείγματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του επικαλυμμένου δείγματος.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στη φωτεινότητα των δειγμάτων.

8.2.14 Μεταβολή του ολικού χρώματος

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης, CMC, πηκτίνης, αλγινικού νατρίου και HPMC, κατά την αποθήκευσή τους στη θερμοκρασία των 4 °C.

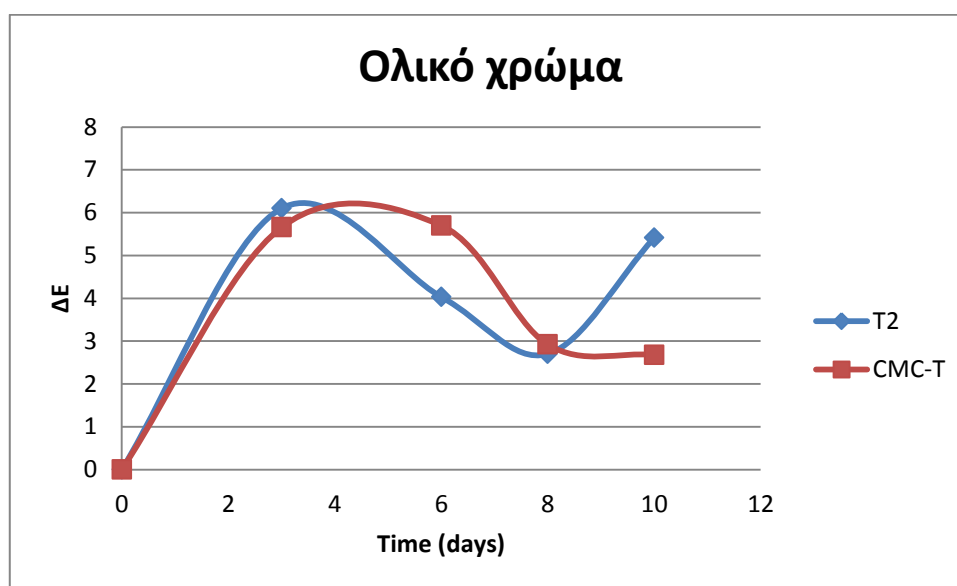
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 66: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης

Παρατηρούνται αυξομειώσεις της μεταβολής του ολικού χρώματος. Η μεταβολή του χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης είναι πιο έντονη από αυτή του τυφλού δείγματος. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η επικάλυψη χιτοζάνης δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διατήρηση του χρώματος των γαρίδων.

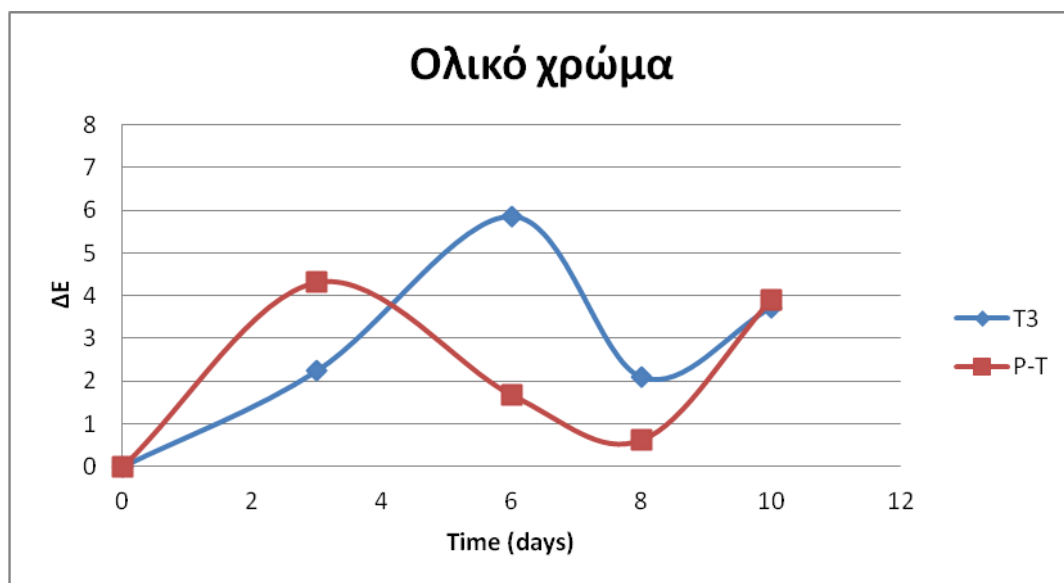
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC



Διάγραμμα 67: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη CMC

Παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις του ολικού χρώματος των δειγμάτων γαρίδας. Αρχικά και για τα δύο δείγματα αυξάνεται η μεταβολή του χρώματος στη συνέχεια μειώνεται και κατά τις τελευταίες ημέρες της αποθήκευσης για το δείγμα με επικάλυψη CMC τείνει να σταθεροποιηθεί, ενώ για το τυφλό δείγμα αυξάνεται. Αυτό δείχνει ότι η επικάλυψη με CMC συνεισφέρει στη διατήρηση του χρώματος των δειγμάτων.

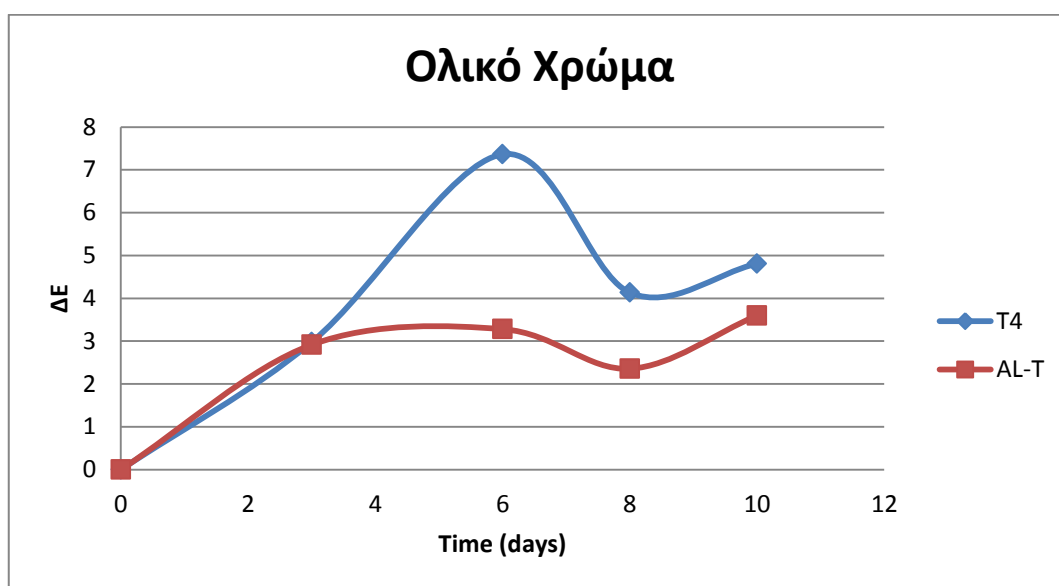
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης



Διάγραμμα 68: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη πηκτίνης

Στο ολικό χρώμα των δειγμάτων γαρίδας παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις. Συγκρίνοντας όμως τη συνολική μεταβολή του χρώματος διαπιστώνεται ότι δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ του τυφλού δείγματος και του δείγματος με επικάλυψη πηκτίνης.

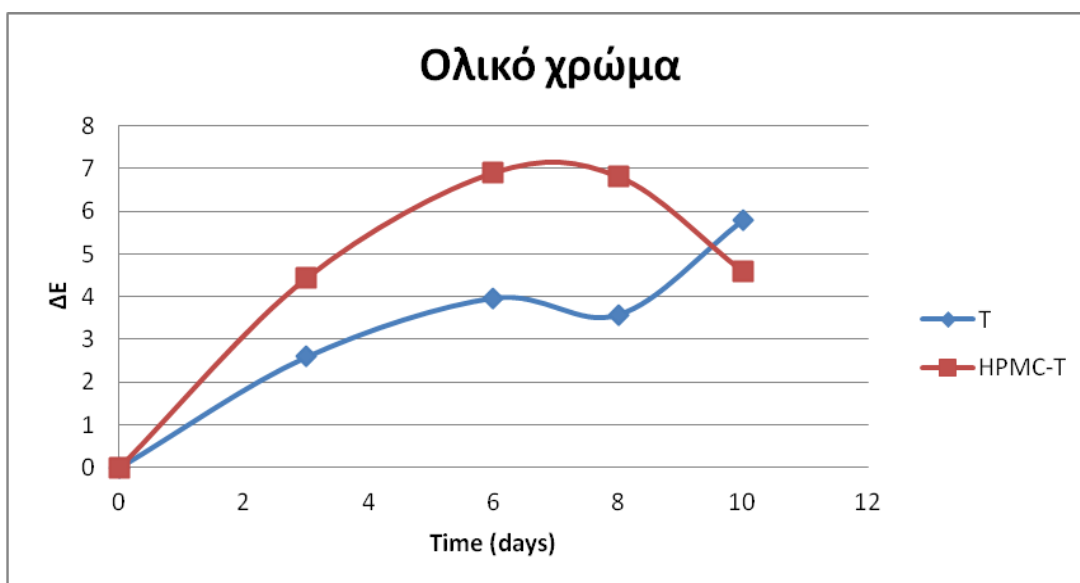
Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη Αλγινικού νατρίου



Διάγραμμα 69: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη αλγινικού νατρίου.

Η μεταβολή του ολικού χρώματος των δειγμάτων γαρίδας παρουσιάζει μερικές αυξομειώσεις. Συνολικά το δείγμα με επικάλυψη αλγινικού νατρίου εμφανίζει μικρότερη μεταβολή του ολικού χρώματος σε σύγκριση με το τυφλό δείγμα.

Δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC



Διάγραμμα 70: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη HPMC

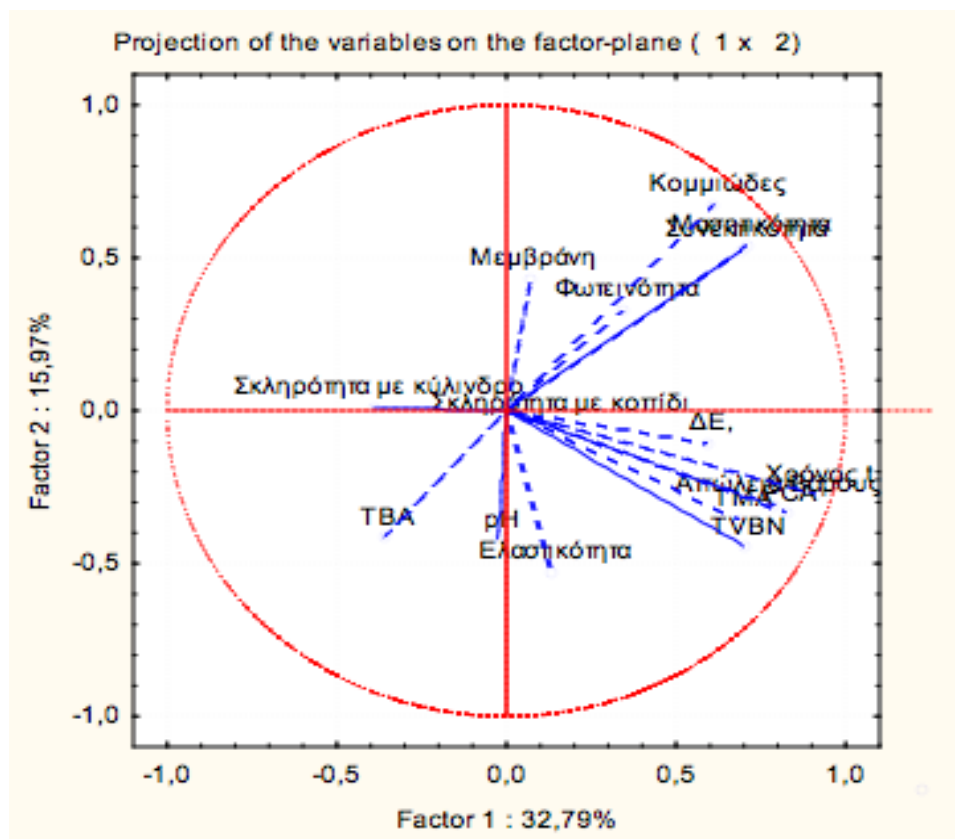
Η μεταβολή του ολικού χρώματος είναι έντονη και για τα δύο δείγματα γαρίδας. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης αυτή η μεταβολή είναι μεγαλύτερη για το επικαλυμμένο δείγμα. Η μεταβολή του ολικού χρώματος του δείγματος με

επικάλυψη HPMC συγκλίνει με τη μεταβολή του χρώματος για το τυφλό δείγμα κατά την τελευταία ημέρα της αποθήκευσης. Αυτό δείχνει ότι το HPMC δεν αποτελεί ικανοποιητικό υλικό για τη διατήρηση του χρώματος στα δείγματα γαρίδας.

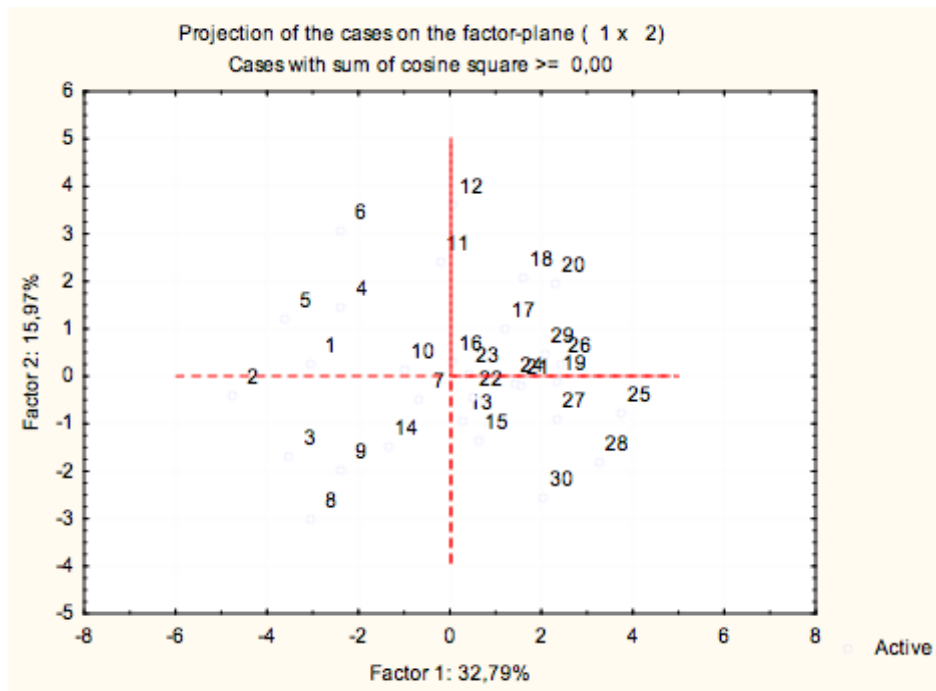
Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το είδος της μεμβράνης όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων. Η επικάλυψη των γαρίδων με πηκτίνη έδωσε τις μικρότερες μεταβολές χρώματος. Επιπλέον η μεταβολή του χρώματος των γαρίδων γίνεται αισθητή από τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης.

8.2.15 Ανάλυση Κύριων συνιστωσών (PCA)

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα που είναι επικαλυμμένα με μεμβράνη χιτοζάνης, CMC, πηκτινης, αλγινικού νατρίου και HPMC. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα διαγράμματα 71 και 72 που ακολουθούν.



Διάγραμμα 71: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για πείραμα της επικάλυψης γαρίδων με εδώδιμες μεμβράνες



Διάγραμμα 72: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για το πείραμα της επικάλυψης των γαριδών με εδωδιμες μεμβράνες

Από το διάγραμμα 71 διαπιστώνεται ότι το πείραμα διατήρησης σε ψύξη γαρίδας με χρήση επικαλυπτικών μεμβρανών έδωσε δύο κύριες συνιστώσες. Η πρώτη κύρια συνιστώσα εμφανίζει συνεισφορά ίση με 32,79% στη διακύμανση του πειράματος, ενώ η δεύτερη 15,97% αντίστοιχα. Το άθροισμα της συνεισφοράς των κύριων συνιστωσών είναι 48,76.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 71, με την πρώτη κύρια συνιστώσα σχετίζονται η σκληρότητα με βάση την κοπή, η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση και η μεταβολή του ολικού χρώματος (ΔE). Από αυτές η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση (Σκληρότητα με κύλινδρο) εμφανίζει αρνητική επίδραση στην πρώτη κύρια συνιστώσα, ενώ η σκληρότητα με βάση την κοπή (Σκληρότητα με κοπίδι) και η μεταβολή του ολικού χρώματος (ΔE) εμφανίζουν θετική επίδραση.

Το είδος της μεμβράνης, το pH και η ελαστικότητα σχετίζονται με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα. Από αυτές το pH και η ελαστικότητα εμφανίζουν αρνητική επίδραση, ενώ το είδος της μεμβράνης εμφανίζει θετική επίδραση.

Το κομμώδες, η μασητικότητα, η % Απώλεια Βάρους, η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), η περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA) και το περιεχόμενο ολικό οργανικό άζωτο (TVBN) καθώς και ο χρόνος αποθήκευσης t , είναι σημαντικές μεταβλητές.

Οι συσχετίσιμες μεταβλητές είναι:

- Η Μασσητικότητα με τη Συνεκτικότητα.
- Η φωτεινότητα με το κομμιώδες.
- Η % απώλεια βάρους με την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) και την περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA).
- Η περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA) με το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN).
- Η σκληρότητα με βάση την κοπή με τη μεταβολή του ολικού χρώματος και το χρόνο αποθήκευσης t.

Μη συσχετίσιμες είναι:

- Ο δείκτης θειοβαρβιτουρικού οξέος με το κομμιώδες και τη φωτεινότητα.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 72 τα δείγματα χωρίστηκαν σε 2 ομάδες:

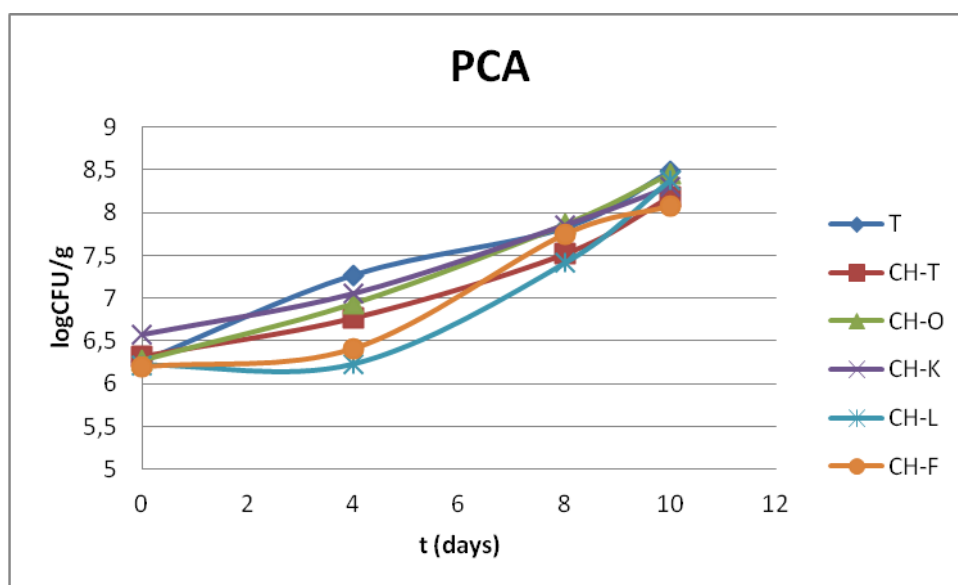
Στην ομάδα Α ανήκουν τα δείγματα 1-12, όπου περιλαμβάνονται δείγματα από όλες τις επικαλύψεις για τους μικρούς χρόνους αποθήκευσης $t=0d$ και $t=3d$ που δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα υπόλοιπα δείγματα τα οποία και πάλι περιλαμβάνουν δείγματα από όλες τις επικαλύψεις για τους μεγάλους χρόνους $t=6d$, $t=8d$ $t=10d$. Τα δείγματα αυτής της ομάδας παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά τη σκληρότητα με βάση τη συμπίεση, τη συνεκτικότητα, το κομμιώδες και τη φωτεινότητα.

8.3 2η Σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

8.3.1 Μικροβιολογικές Αναλύσεις

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (PCA) των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση στη μεμβράνη αυτή φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών ελαίου ρίγανης, κόλιανδρου, λεμονιού και μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



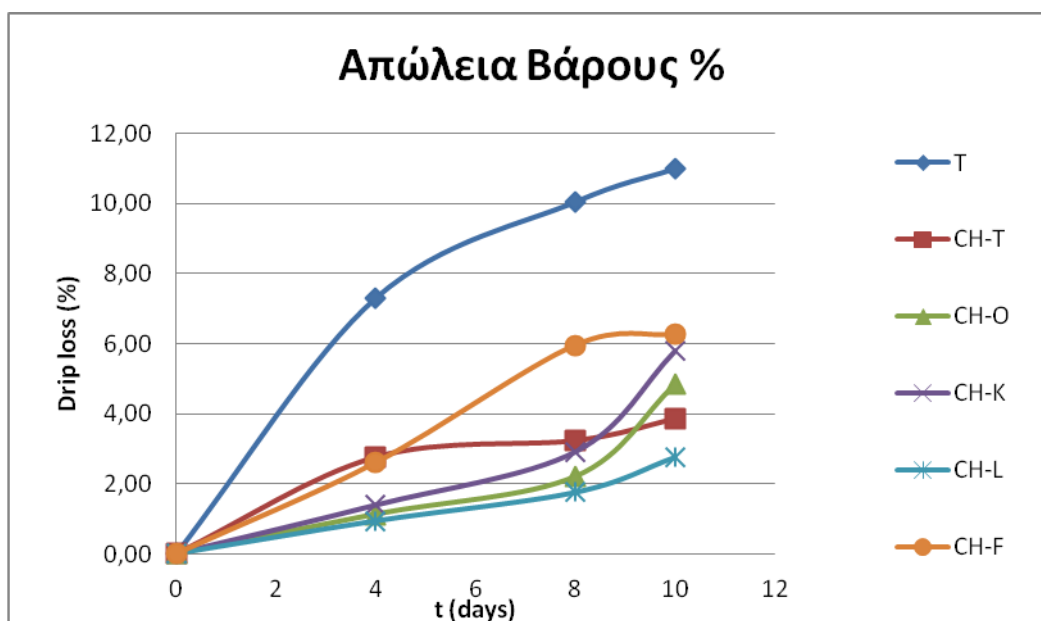
Διάγραμμα 73: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα το τυφλό δείγμα το οποίο δεν έχει επικαλυφθεί με χιτοζάνη παρουσιάζει εντονότερη μικροβιακή μεταβολή από τα επικαλυμμένα δείγματα γαρίδας. Επιπλέον η ενσωμάτωση του ελαίου μάραθου στη μεμβράνη χιτοζάνης περιορίσε περισσότερο τη μικροβιακή αλλοίωση σε σύγκριση με τα δείγματα που επικαλύφθηκαν με απλή χιτοζάνη.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το φυσικό αντιμικροβιακό όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επηρεάζουν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) το φορτίο της Ολικής μικροβιακής Χλωρίδας (PCA) των δειγμάτων. Όσον αφορά το φυσικό αντιμικροβιακό σημαντικές διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του δείγματος με ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου και των δειγμάτων με ενσωμάτωση ελαίου ρίγανης και λεμονιού. Όσον αφορά το χρόνο σημαντικές διαφορές εντοπίζονται μεταξύ όλων των χρόνων αποθήκευσης.

8.3.2 Απώλεια Βάρους %

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της % απώλειας βάρους των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών ελαίου ρίγανης, κόλιανδρου, λεμονιού και μάραθου κατά την αποθήκευσή τους στους 4 °C.



Διάγραμμα 74: Διάγραμμα μεταβολής απώλειας βάρους % για δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

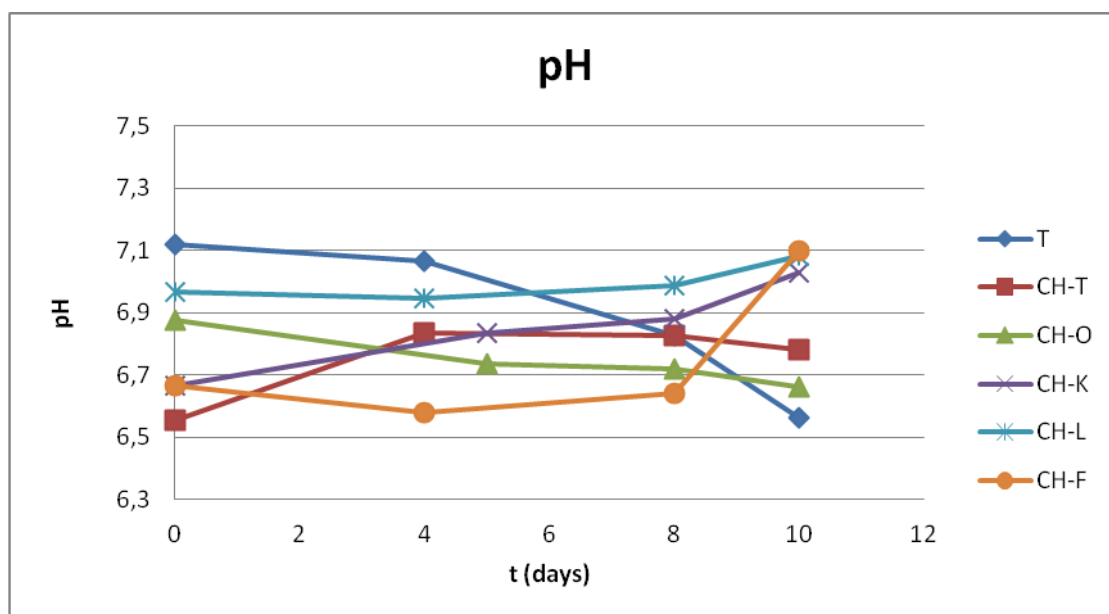
Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η σειρά πειραμάτων με το φυσικό αντιμικροβιακό έλαιο λεμονιού ενσωματωμένο στη μεμβράνη της χιτοζάνης. Η σειρά πειραμάτων με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα από το τυφλό δείγμα που δεν έχει επικαλυφθεί με χιτοζάνη. Οι σειρές χιτοζάνης με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης και κόλιανδρου, εμφάνισαν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το τυφλό δείγμα.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο η ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά ($P < 0,05$) στην % απώλεια βάρους των δειγμάτων γαρίδας. Όσον αφορά το φυσικό αντιμικροβιακό σημαντικές διαφορές εντοπίζονται μεταξύ των δειγμάτων με ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού και των δειγμάτων με ενσωμάτωση ελαίου ρίγανης και κόλιανδρου. Επιπλέον, σημαντικές είναι οι διαφορές και μεταξύ των δειγμάτων με ενσωμάτωση στη μεμβράνη ελαίου μάραθου και κόλιανδρου. Όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης των δειγμάτων, οι μεγαλύτερες

διαφορές στην απώλεια βάρους % εμφανίζονται μεταξύ του χρόνου $t=0d$ και του χρόνου $t=4 d$. Τα καλύτερα αποτελέσματα διατήρησης του βάρους των δειγμάτων φαίνεται να έδωσε η ενσωμάτωση στην εδώδιμη μεμβράνη χιτοζάνης φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού.

8.3.3 Αναλύσεις pH

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του pH των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών, ελαιούκριγανης, κόλιανδρου, λεμονιού και μάραθου κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



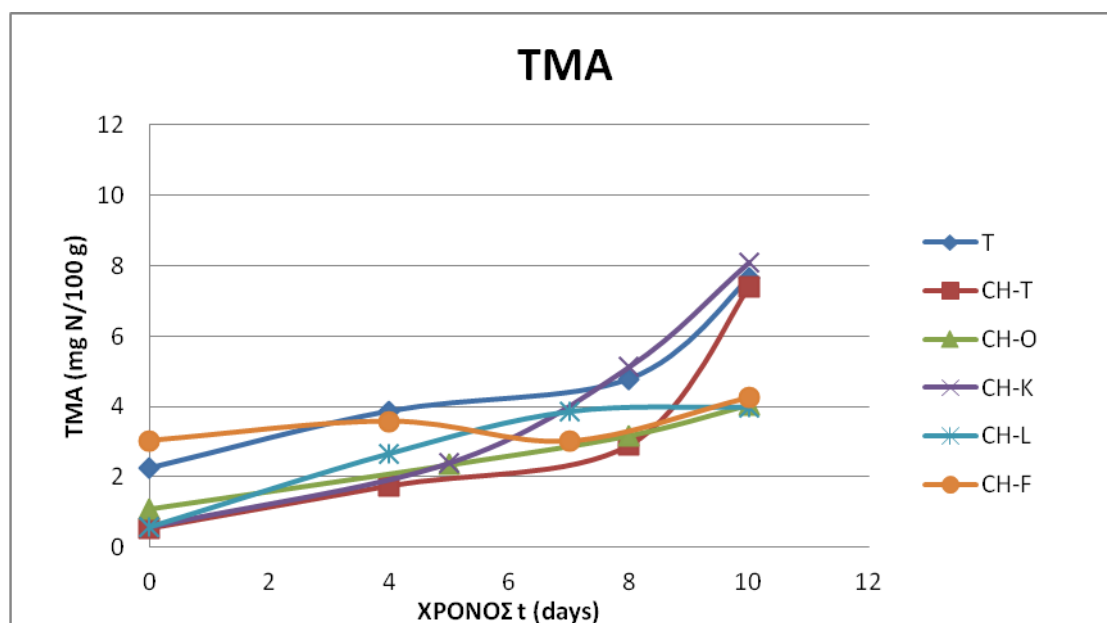
Διάγραμμα 75: Διάγραμμα μεταβολής του pH για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα μεγάλες μεταβολές στις τιμές του pH κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας. Παρόλα αυτά τα επικαλυμμένα δείγματα με ενσωμάτωση στη μεμβράνη χιτοζάνης αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης και λεμονιού διατήρησαν το pH τους σταθερό.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους δύο παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στην τιμή του pH των δειγμάτων.

8.3.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της περιεχόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



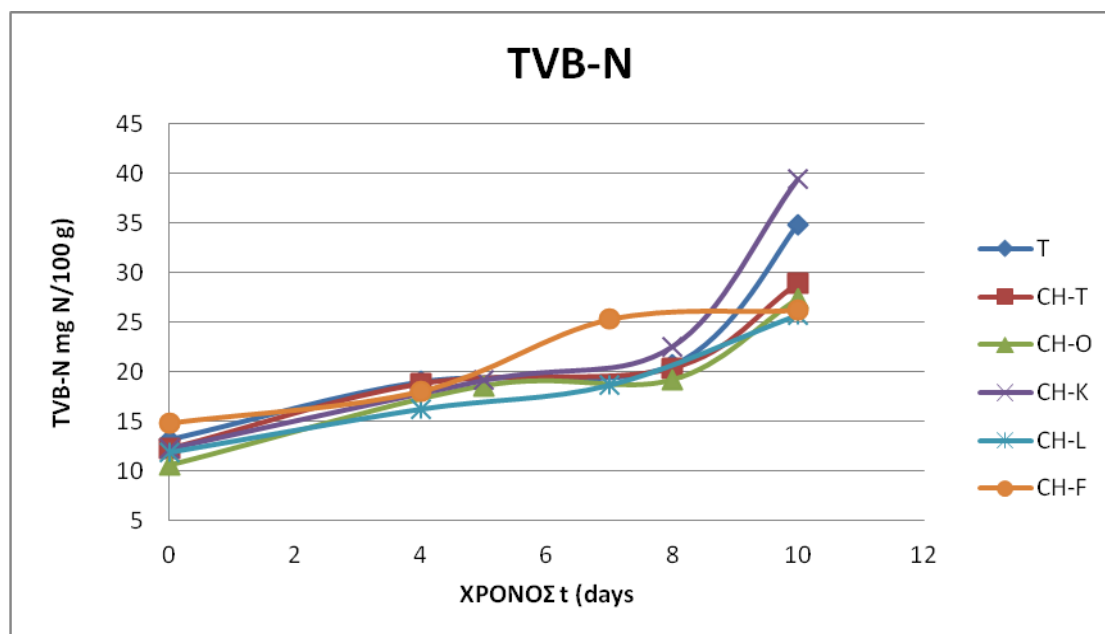
Διάγραμμα 76 Διάγραμμα μεταβολής της τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι η σειρά πειραμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης παρουσιάζει πολύ καλά αποτελέσματα σε σχέση με το τυφλό δείγμα κατά την αποθήκευση των πρώτων 8 ημερών, ενώ στη δειγματοληψία της 10^{ης} ημέρας φαίνεται να μην περιορίζεται η αύξηση της τριμεθυλαμίνης. Από τις σειρές πειραμάτων με ενσωμάτωση στη μεμβράνη της χιτοζάνης φυσικού αντιμικροβιακού, τα δείγματα στα οποία έχει ενσωματωθεί έλαιο λεμονιού και ρίγανης παρουσιάζουν τα καλύτερα αποτελέσματα.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδεικνύεται ότι μόνο ο χρόνος αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή της περιεχόμενης τριμεθυλαμίνης των δειγμάτων.

8.3.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



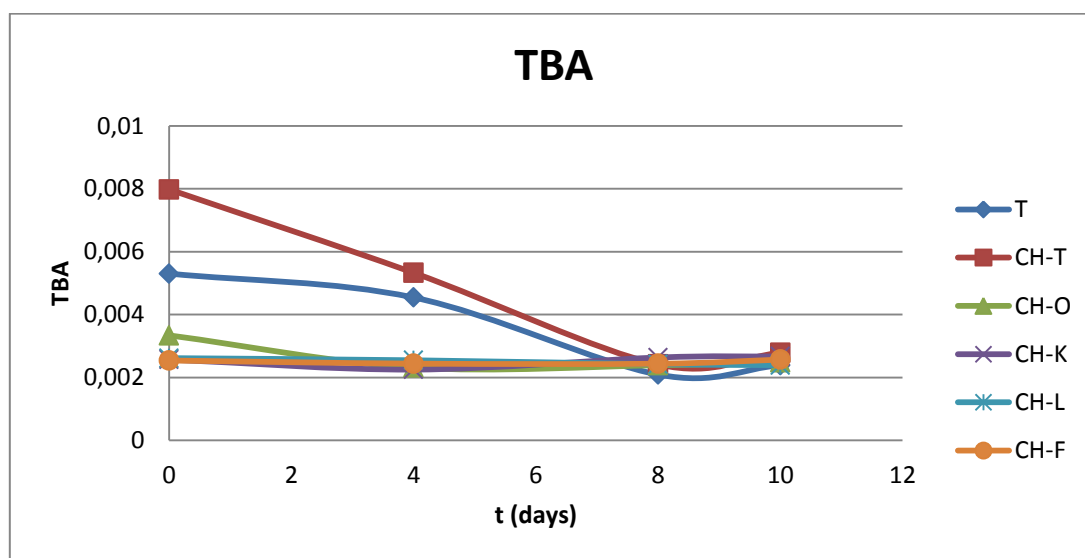
Διάγραμμα 77: Διάγραμμα μεταβολής του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν οι σειρές πειραμάτων στις οποίες έχουν ενσωματωθεί στη μεμβράνη της χιτοζάνης τα φυσικά αντιμικροβιακά ελαίου ρίγανης και λεμονιού καθώς περιορίζουν την αύξηση της τιμής του ολικού οργανικού αζώτου. Η ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου κόλιανδρου φαίνεται να μην περιορίσει τις μεταβολές στην τιμή του ολικού οργανικού αζώτου, αλλά αντίθετα να επιτάχυνε την αύξησή του. Η σειρά πειραμάτων με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από το τυφλό στο οποίο δεν είχε εφαρμοστεί κάποια μεμβράνη και δεν είχε ενσωματωθεί φυσικό αντιμικροβιακό.

Από τη στατιστική επεξεργασία διαπιστώνεται ότι μόνο ο χρόνος αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο περιεχόμενο του ολικού οργανικού αζώτου των δειγμάτων. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του χρόνου $t=0d$ και του χρόνου $t=4d$. Τα καλύτερα αποτελέσματα φαίνεται να έδωσε το δείγμα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση αιθέριου ελαίου λεμονιού.

8.3.6 Ανάλυση θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της τιμής του δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



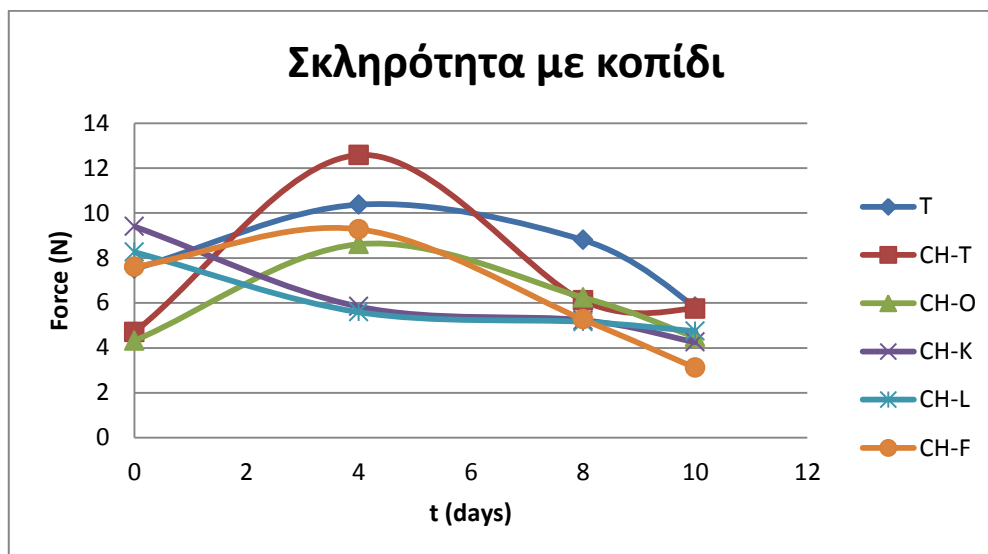
Διάγραμμα 78: Διάγραμμα μεταβολής του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν οι σειρές δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών καθώς διατήρησαν σε χαμηλότερο επίπεδο την τιμή του δείκτη TBA.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους δύο παράγοντες δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στην τιμή του δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος των δειγμάτων.

8.3.7 Σκληρότητα βάσει της κοπής

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της κοπής των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



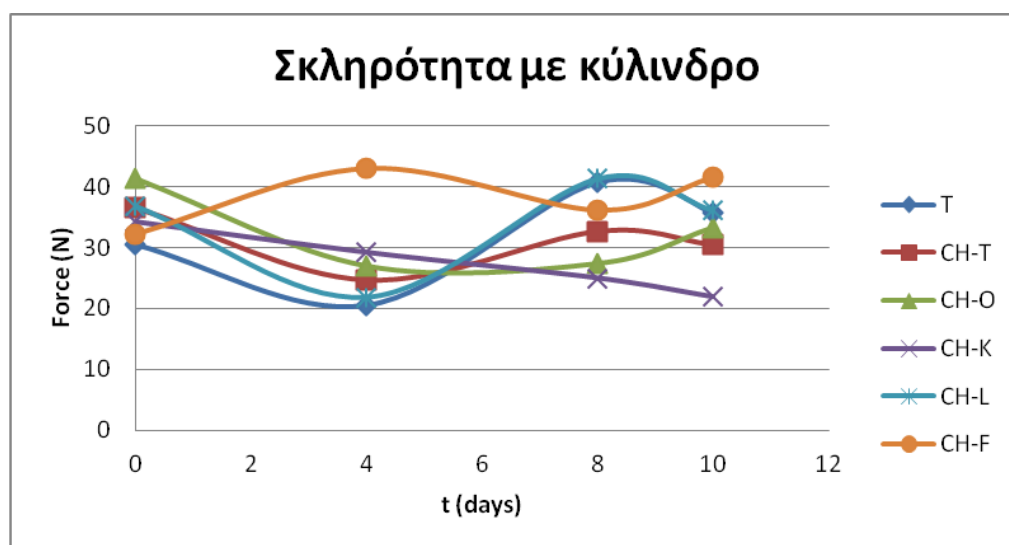
Διάγραμμα 79: Διάγραμμα ανάλυσης σκληρότητας με κοπίδι για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα δεν εμφανίζονται μεγάλες μεταβολές της σκληρότητας των δειγμάτων γαρίδας μεταξύ της 1^{ης} και της 10^{ης} ημέρας αποθήκευσης. Μεγαλύτερη σταθερότητα παρουσιάζουν οι σειρές δειγμάτων με ενσωμάτωση στη μεμβράνη της χιτοζάνης φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου κόλιανδρου και λεμονιού.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στη σκληρότητα με κοπίδι των δειγμάτων.

8.3.8 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



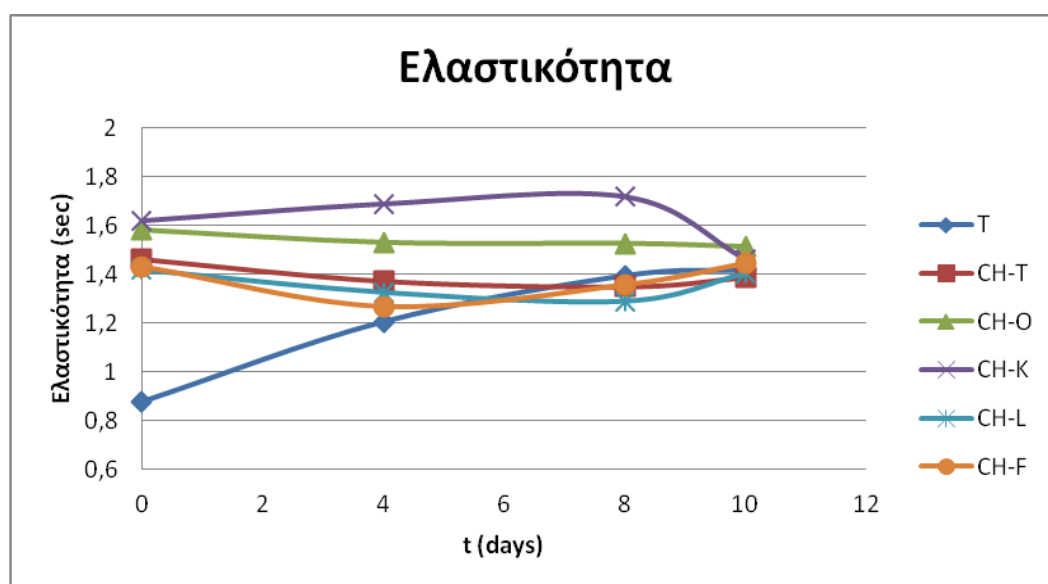
Διάγραμμα 80: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται μεταβολές των τιμών της σκληρότητας με κύλινδρο, με μεγαλύτερη σταθερότητα να παρουσιάζει η σειρά δειγμάτων με την ενσωμάτωση στη μεμβράνη της χιτοζάνης του φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά στη σκληρότητα βάσει της συμπίεσης των δειγμάτων.

8.3.9 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της ελαστικότητας βάσει της συμπίεσης των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



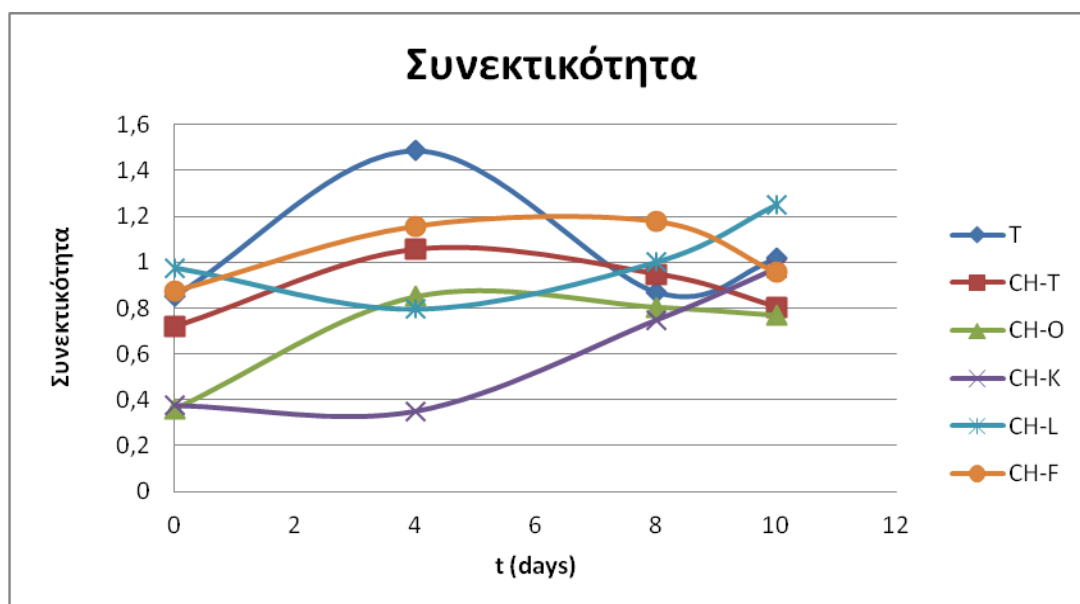
Διάγραμμα 81: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη χιτοζάνης και την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού παρουσιάζει μεγαλύτερες μεταβολές στην ελαστικότητα. Οι σειρές δειγμάτων με απλή επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών στη μεμβράνη αυτή δεν παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές στην ελαστικότητα. Μεγαλύτερη σταθερότητα στην ελαστικότητα παρουσιάζουν οι σειρές δειγμάτων με απλή επικάλυψη χιτοζάνης και αυτές με την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης στη μεμβράνη χιτοζάνης.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδεικνύεται ότι μόνο το φυσικό αντιμικροβιακό επηρέασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) την ελαστικότητα των δειγμάτων. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του δείγματος με επικάλυψη χιτοζάνης και του δείγματος με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης στη μεμβράνη αυτή.

8.3.10 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της συνεκτικότητας βάσει της συμπίεσης των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



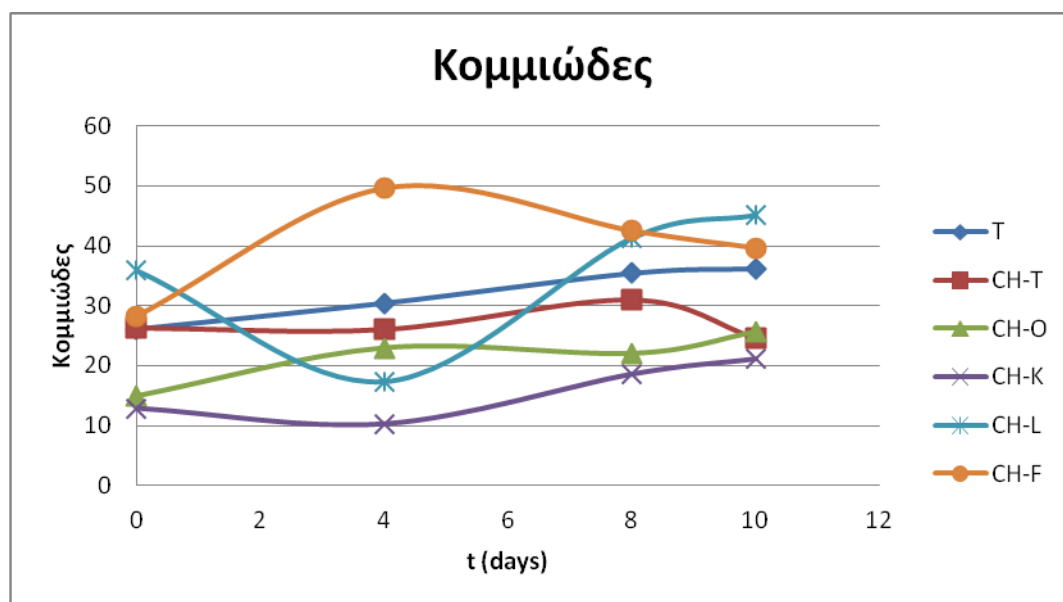
Διάγραμμα 82: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι υπάρχουν μεταβολές της συνεκτικότητας των δειγμάτων γαρίδας. Οι μεγαλύτερες αυξομειώσεις παρατηρούνται στο τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού. Μεγαλύτερη σταθερότητα παρουσίασαν τα δείγματα με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού και τα δείγματα με την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου στην επικάλυψη αυτή.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το αντιμικροβιακό που ενσωματώθηκε στη μεμβράνη χιτοζάνης επηρέασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) τη συνεκτικότητα των δειγμάτων. Δεν παρουσιάστηκαν μεγάλες διαφορές μεταξύ του δείγματος με απλή επικάλυψη χιτοζάνης και των δειγμάτων με την ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικών αντιμικροβιακών.

8.3.11 Κομμιώδες βάσει της συμπίεσης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του κομμιώδους βάσει της συμπίεσης των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



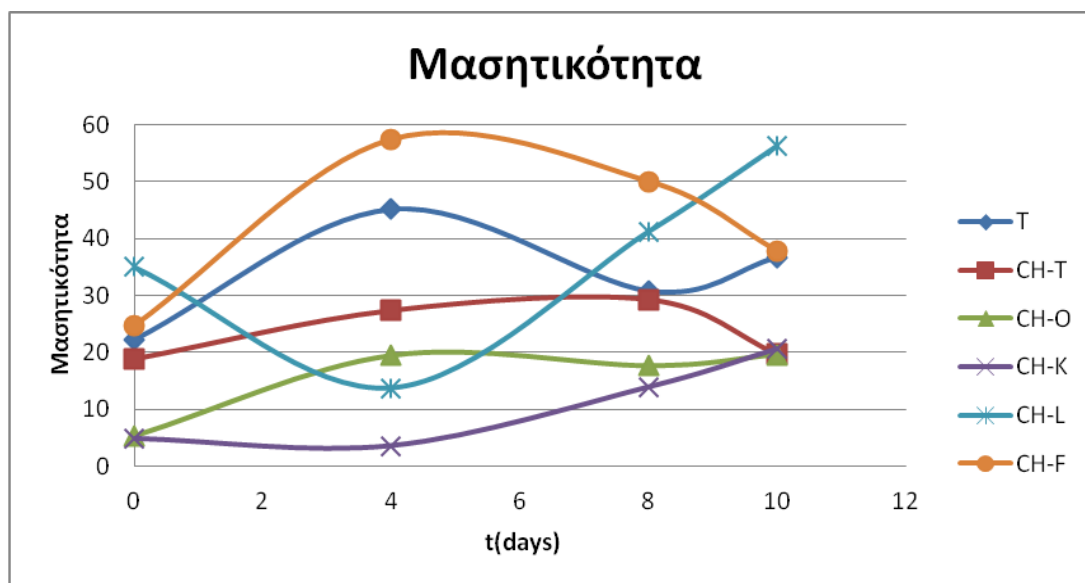
Διάγραμμα 83: Διάγραμμα μεταβολής του κομμιώδους για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα υπάρχουν μεταβολές στο κομμιώδες των δειγμάτων γαρίδας. Το τυφλό δείγμα χωρίς την επικάλυψη και την ενσωμάτωση αντιμικροβιακού παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα από τα δείγματα στα οποία έχει εφαρμοστεί επικάλυψη χιτοζάνης. Μεγάλη σταθερότητα κομμιώδους επίσης παρουσιάζει το δείγμα γαρίδας με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το αντιμικροβιακό που ενσωματώθηκε στη μεμβράνη χιτοζάνης επέδρασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο κομμιώδες των δειγμάτων. Σημαντική διαφορά εντοπίζεται μεταξύ του δείγματος με απλή επικάλυψη χιτοζάνης και του δείγματος με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου. Μεγαλύτερο κομμιώδες φαίνεται να εμφανίζει το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

8.3.12 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της μασητικότητας βάσει της συμπίεσης των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



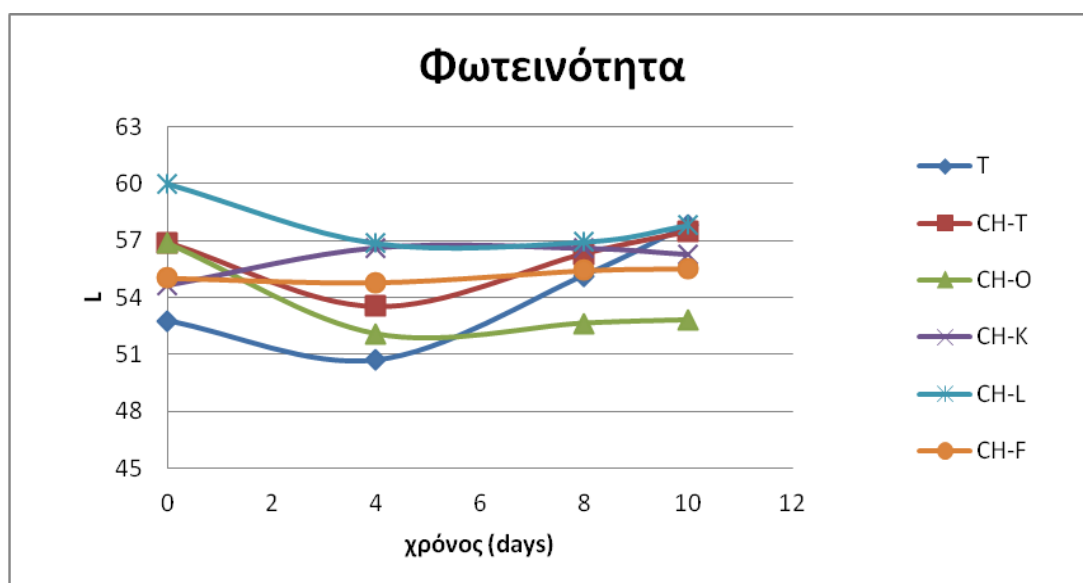
Διάγραμμα 84: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται μία γενικότερη αύξηση της μασητικότητας των δειγμάτων γαρίδας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Μεγαλύτερη σταθερότητα φαίνεται να εμφανίζει το δείγμα με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την ενσωμάτωση του φυσικού αντιμικροβιακού, ενώ στο τέλος της αποθήκευσης τη μεγαλύτερη μασητικότητα εμφανίζει το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το φυσικό αντιμικροβιακό επέδρασε σημαντικά στατιστικά στη μασητικότητα των δειγμάτων γαρίδας. Οι μεγαλύτερες διαφορές μασητικότητας εντοπίζονται μεταξύ του δείγματος με απλή επικάλυψη χιτοζάνης και του δείγματος με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

8.3.13 Φωτεινότητα

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της φωτεινότητας των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



Διάγραμμα 85: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

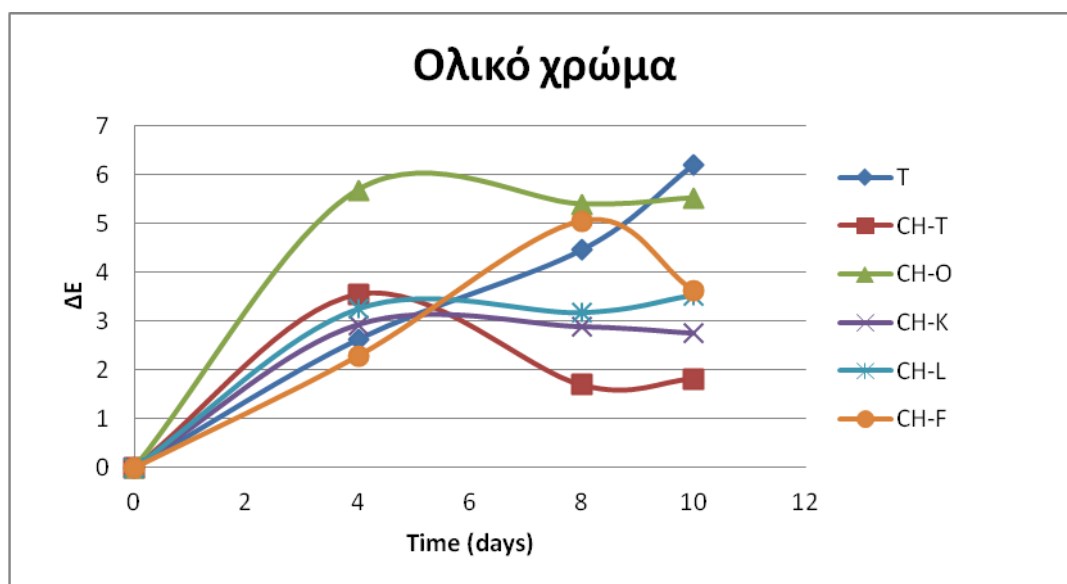
Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι κατά τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης παρουσιάζεται μία μείωση της φωτεινότητας στα δείγματα γαρίδας. Σε ότι αφορά το τυφλό δείγμα γαρίδας χωρίς την επικάλυψη χιτοζάνης και την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών, μετά το πέρας της 4^{ης} ημέρας παρατηρείται μία αύξηση της φωτεινότητάς του. Τα δείγματα γαρίδας με την ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών στη μεμβράνη της χιτοζάνης μετά την 4^η ημέρα αποθήκευσης παρουσιάζουν μία σταθερότητα στην φωτεινότητά τους. Η μεγαλύτερη σταθερότητα φωτεινότητας παρατηρείται στο δείγμα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση σε αυτή του φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το φυσικό αντιμικροβιακό επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη φωτεινότητα των δειγμάτων. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του δείγματος με ενσωμάτωση στη μεμβράνη χιτοζάνης φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης και εκείνων με ενσωμάτωση ελαίου κόλιανδρου και λεμονιού. Ιδιαίτερα μεγάλη είναι και η διαφορά φωτεινότητας μεταξύ του δείγματος με ενσωμάτωση στη μεμβράνη χιτοζάνης

φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού και αυτού με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

8.3.14 Μεταβολή του ολικού χρώματος

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της μεταβολής του ολικού χρώματος των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



Διάγραμμα 86: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

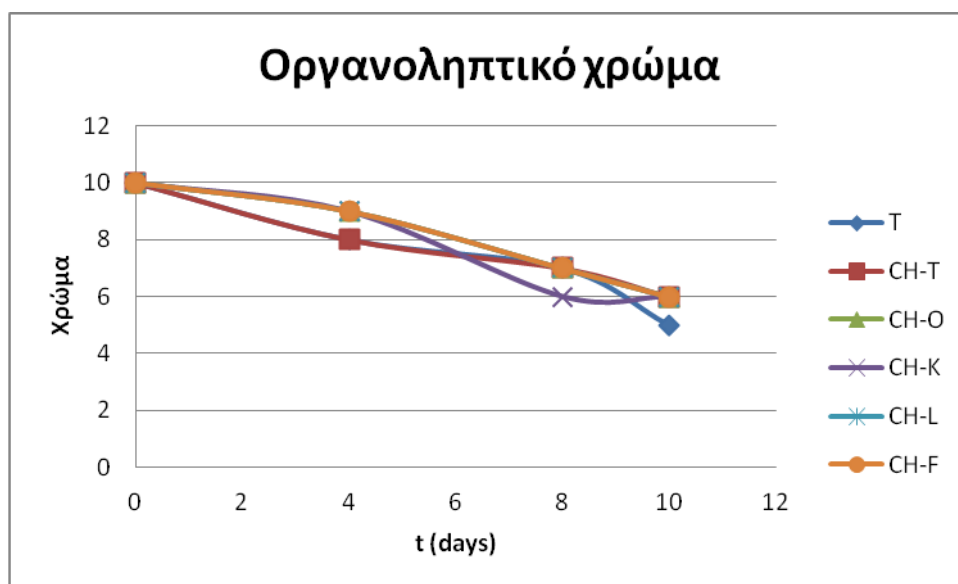
Αρχικά παρατηρείται μία αύξηση της μεταβολής του ολικού χρώματος των δειγμάτων γαρίδας. Για το τυφλό δείγμα παρατηρείται μία συνεχής αύξηση της μεταβολής του ολικού χρώματος. Η ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών στη μεμβράνη χιτοζάνης φαίνεται να σταθεροποιεί τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων. Μικρότερη μεταβολή του χρώματος παρατηρείται για τα δείγματα γαρίδας με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την προσθήκη κάποιου αντιμικροβιακού.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το φυσικό αντιμικροβιακό όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επηρέασαν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) τη μεταβολή του ολικού χρώματος των δειγμάτων. Όσον αφορά το φυσικό αντιμικροβιακό οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του τυφλού δείγματος χιτοζάνης και του δείγματος με ενσωμάτωση στη μεμβράνη φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης όπως επίσης και μεταξύ του δείγματος με ενσωμάτωση ελαίου ρίγανης και των δειγμάτων με ενσωμάτωση ελαίου κόλιανδρου

και λεμονιού. Η μικρότερη μεταβολή χρώματος παρατηρείται στο δείγμα γαρίδας με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού.

8.3.15 Οργανοληπτικό χρώμα

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του οργανοληπτικού χρώματος των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



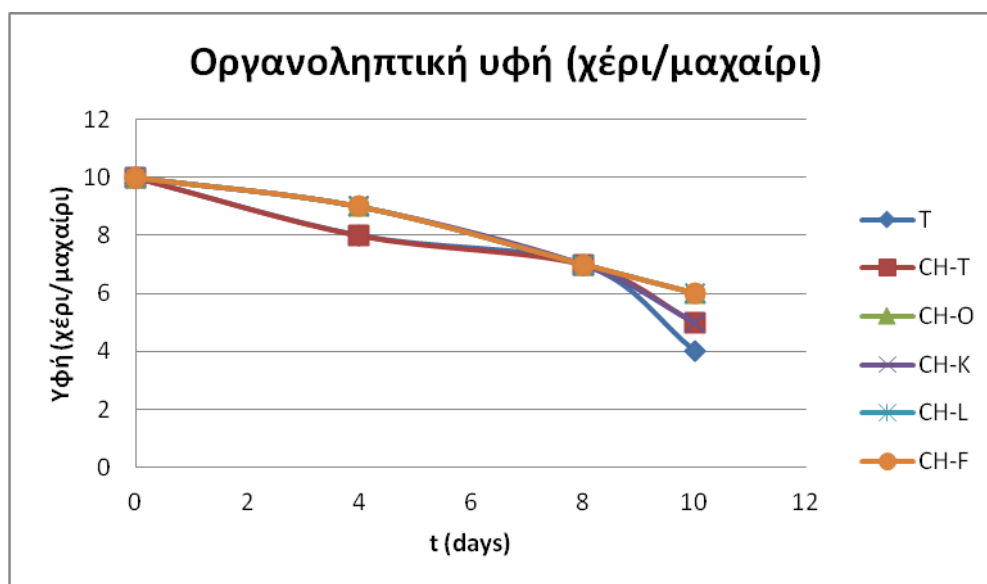
Διάγραμμα 87: Διάγραμμα μεταβολής του οργανοληπτικού χρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση δεν εμφανίζονται μεγάλες διαφορές στο χρώμα μεταξύ των δειγμάτων γαρίδας.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδεικνύεται ότι μόνο ο χρόνος αποθήκευσης επηρέασε σημαντικά ($P < 0,05$) το οργανοληπτικό χρώμα των δειγμάτων. Οι διαφορές είναι σημαντικές μεταξύ όλων των χρόνων αποθήκευσης των δειγμάτων.

8.3.16 Οργανοληπτική υφή

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της οργανοληπτικής υφής των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



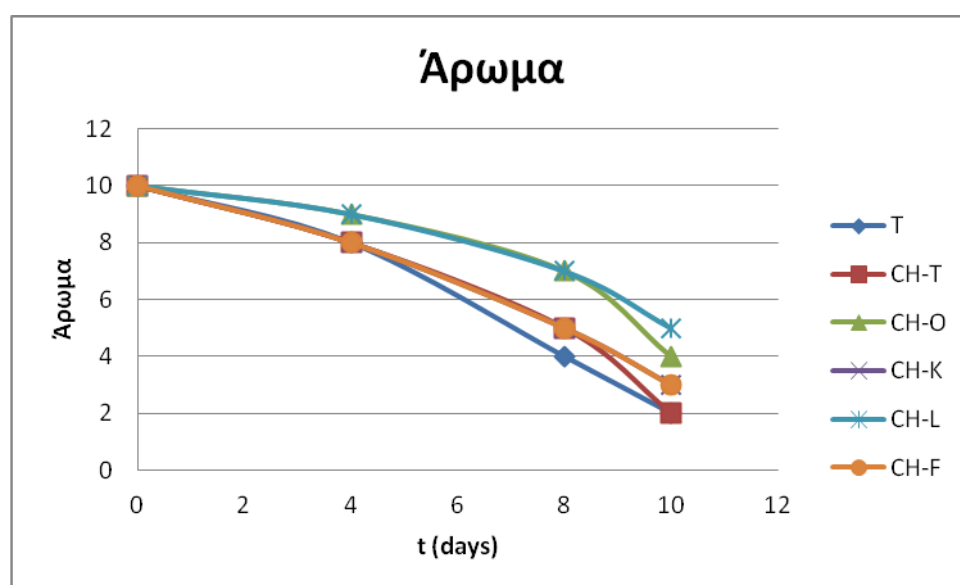
Διάγραμμα 88: Διάγραμμα μεταβολής του υφής για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές μεταξύ των δειγμάτων γαρίδας σε ότι αφορά την υφή τους. Παρόλα αυτά, τα δείγματα γαρίδας με απλή επικάλυψη χιτοζάνης εμφανίζουν καλύτερη υφή σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Τα καλύτερα αποτελέσματα παρουσίασε το δείγμα χιτοζάνης με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδεικνύεται ότι μόνο ο χρόνος αποθήκευσης επηρέασε σημαντικά ($P < 0,05$) την οργανοληπτική υφή των δειγμάτων γαρίδας. Οι διαφορές στην υφή είναι σημαντικές μεταξύ όλων των χρόνων αποθήκευσης των δειγμάτων.

8.3.17 Οργανοληπτικό άρωμα

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του αρώματος των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



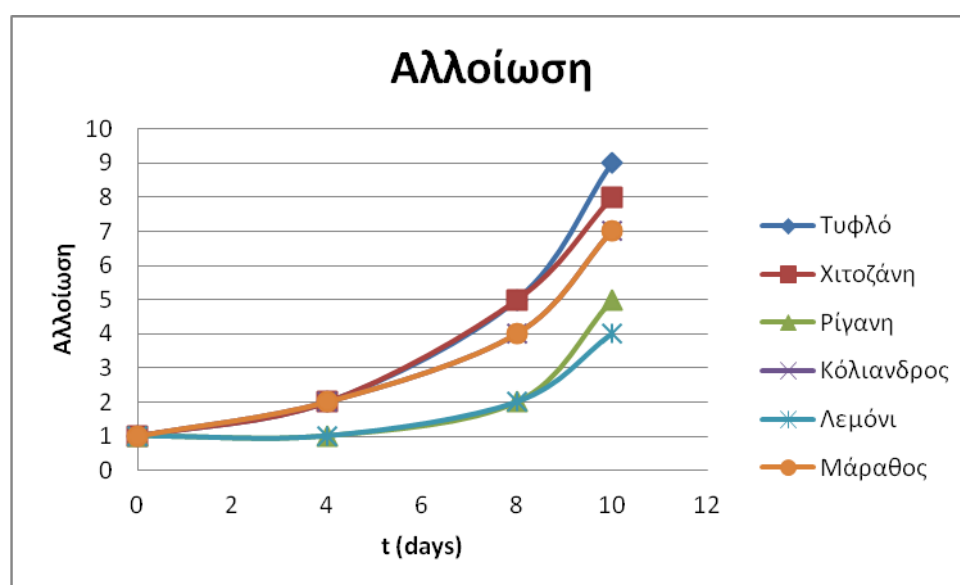
Διάγραμμα 89: Διάγραμμα μεταβολής του αρώματος για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Σύμφωνα με τη οργανοληπτική αξιολόγηση για το άρωμα, τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν τα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού. Ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα έδωσε και το δείγμα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το φυσικό αντιμικροβιακό όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επηρέασαν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) το άρωμα των δειγμάτων. Όσον αφορά το φυσικό αντιμικροβιακό οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του τυφλού δείγματος χιτοζάνης και των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης και λεμονιού. Οι διαφορές στο άρωμα των δειγμάτων είναι αισθητές από τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσής τους, ενώ μετά το πέρας των 10 ημερών καλύτερο άρωμα φαίνεται να είχε το δείγμα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού.

8.3.18 Εκτίμηση αλλοίωσης οργανοληπτικά

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της αλλοίωσης των δειγμάτων γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών κατά την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 4 °C.



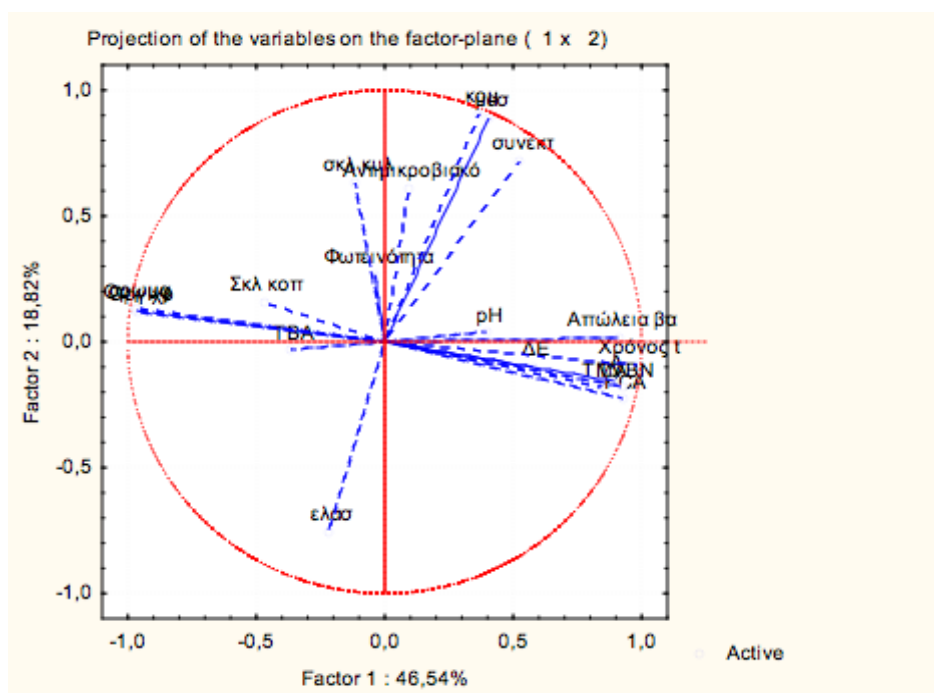
Διάγραμμα 90: Διάγραμμα μεταβολής της αλλοίωσης για τα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση το τυφλό δείγμα και το δείγμα γαρίδας με απλή επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς την ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού εμφανίζουν εντονότερη αλλοίωση. Στα δείγματα γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού και ρίγανης περιορίστηκε ιδιαίτερα η αλλοίωση.

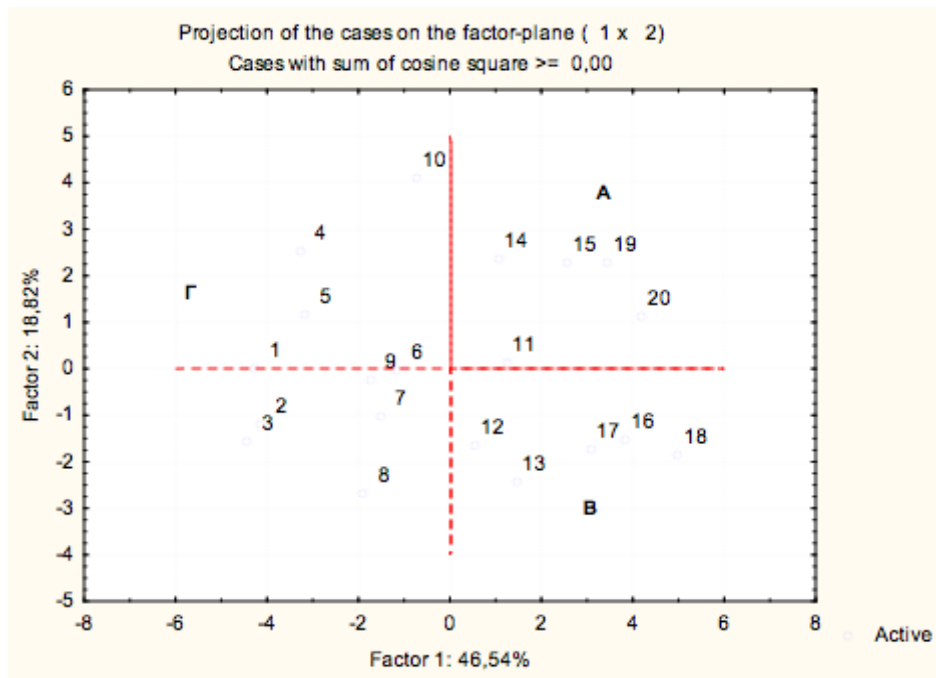
Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το φυσικό αντιμικροβιακό όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επηρέασαν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) την αλλοίωση των δειγμάτων. Όσον αφορά το φυσικό αντιμικροβιακό οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του τυφλού δείγματος χιτοζάνης και των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης και λεμονιού. Η αλλοίωση γίνεται αισθητή μετά το πέρας των 4 πρώτων ημερών, ενώ η μικρότερη αλλοίωση παρατηρήθηκε στα δείγματα με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού.

8.2.19 Ανάλυση κύριων συνιστωσών

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα γαρίδας με ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά ελαίου ριγανής, κόλιανδρου, λεμονιού και μάραθου στην επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα διαγράμματα 91 και 92 που ακολουθούν.



Διάγραμμα 91: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών των κύριων συνιστωσών για το πείραμα της ενσωμάτωσης φυσικών αντιμικροβιακών στην επικάλυψη χιτοζάνης



Διάγραμμα 92: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για το πείραμα της επικάλυψης γαριδών με μεμβράνη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

Από το διάγραμμα 91 φαίνεται ότι στο πείραμα διατήρησης σε ψύξη γαρίδας με επικάλυψη χιτοζάνης με ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών, η πρώτη κύρια συνιστώσα εμφανίζει συνεισφορά ίση με 46,54%, ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα 18,82%. Το άθροισμα της συνεισφοράς των κύριων συνιστωσών είναι 67,36%.

Στην 1^η κύρια συνιστώσα συνεισφέρουν το pH, η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), ο χρόνος αποθήκευσης t , ο δείκτης του θειοβαρβιτουρικού οξέος, η ένταση του αρώματος και το οργανοληπτικό χρώμα. Από αυτές το άρωμα, το οργανοληπτικό χρώμα και ο δείκτης θειοβαρβιτουρικού οξέος εμφανίζουν αρνητική συνεισφορά, ενώ το pH, η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) και ο χρόνος αποθήκευσης εμφανίζουν θετική συνεισφορά.

Στη 2^η κύρια συνιστώσα συνεισφέρουν η φωτεινότητα, το φυσικό αντιμικροβιακό και η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση. Και οι τρεις μεταβλητές εμφανίζουν θετική συνεισφορά.

Θετική συσχέτιση εμφανίζουν οι μεταβλητές

- Το κομμώδες με τη μασητικότητα
- Η φωτεινότητα με τη σκληρότητα με βάση τη συμπίεση (Σκληρότητα με κύλινδρο)
- Το οργανοληπτικό χρώμα με το άρωμα
- Το pH με την % απώλεια βάρους

- Η μεταβολή του ολικού χρώματος με την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), την περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA) και το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN).

Μη συσχετίσιμες είναι:

- Το pH με το δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA)
- Ο χρόνος αποθήκευσης t με το οργανοληπτικό χρώμα και το άρωμα.
- Η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) με τη σκληρότητα με βάση την κοπή.

Από το διάγραμμα 92 φαίνεται ότι τα δείγματα χωρίζονται σε τρεις ομάδες:

Στην ομάδα Α ανήκουν τα δείγματα 14, 15, 19, 20 πιο συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνονται τα δείγματα με ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ελαίου λεμονιού και μάραθου για μεγάλους χρόνους αποθήκευσης $t=8d$ και $t=10d$.

Στην ομάδα Β ανήκουν τα δείγματα 11, 12,13,16,17,18, δηλαδή τα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης χωρίς ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού και τα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ελαίου ρίγανης και κόλιανδρου για μεγάλους χρόνους αποθήκευσης $t=8d$ και $t=10d$.

Στην ομάδα Γ ανήκουν τα δείγματα 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, τα δείγματα με ή χωρίς ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών για μικρούς χρόνους αποθήκευσης $t=0d$ και $t=4d$. Η ομαδοποίηση αυτή αποδεικνύει ότι δεν εμφανίζονται μεγάλες διαφορές στις μετρούμενες μεταβλητές για τα δείγματα στους χρόνους αποθήκευσης $t=0d$ και $t=4d$.

Γενικώς στην ομάδα Α περιλαμβάνονται τα δείγματα με τα καλύτερα αποτελέσματα για μεγάλους χρόνους αποθήκευσης $t=8d$ και $t=10d$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Συμπεράσματα & Προτάσεις για το μέλλον

9.1 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη διατήρησης σε ψύξη επικαλυμμένων γαρίδων με εδώδιμες μεμβράνες ή/και με ενσωμάτωση σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών προέκυψαν τα συμπεράσματα:

Τα αποτελέσματα για τη μεταβολή της ολικής μικροβιακής χλωρίδας έδειξαν ότι οι μεμβράνες χιτοζάνης και CMC λειτουργούν θετικά στις γαρίδες και παρέχουν προστασία ως προς τις μικροβιολογικές τους αλλοιώσεις. Αυτό ισχύει και για τα φυσικά αντιμικροβιακά που ενσωματώθηκαν στην επικάλυψη χιτοζάνης. Το δείγμα με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου έδωσε μάλιστα καλύτερα αποτελέσματα από εκείνο με απλή μεμβράνη χιτοζάνης.

Όσον αφορά την % απώλεια βάρους κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαρίδας φαίνεται ότι η χρήση εδωδιμων επικαλύψεων βοηθά στη διατήρηση του βάρους τους. Το ίδιο συμπέρασμα προέκυψε και από την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών στην επικάλυψη χιτοζάνης. Πιο συγκεκριμένα από τις μεμβράνες που εξετάστηκαν οι μικρότερες απώλειες βάρους αποδόθηκαν στη χρήση της εδωδιμης μεμβράνης αλγινικού νατρίου, ενώ σε σχέση με τα φυσικά αντιμικροβιακά οι μικρότερες απώλειες παρατηρήθηκαν, όταν στην εδωδιμη μεμβράνη χιτοζάνης ενσωματώθηκε αιθέριο έλαιο λεμονιού.

Όσον αφορά το pH των δειγμάτων γαρίδας παρουσιάστηκαν ορισμένες αυξομειώσεις στην τιμή του κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι επικαλυπτικές μεμβράνες έδειξαν καλά αποτελέσματα διατηρώντας σχεδόν σταθερό το pH των δειγμάτων. Τη μεγαλύτερη σταθερότητα έδωσε η επικάλυψη με CMC, ενώ το χαμηλότερο pH η επικάλυψη αλγινικού νατρίου. Και η ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών στα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης φαίνεται να έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το pH των δειγμάτων παρέμεινε σχεδόν σταθερό εντός των 10 ημερών αποθήκευσης για τα δείγματα όπου είχε ενσωματωθεί αιθέριο έλαιο λεμονιού στην επικάλυψη χιτοζάνης, ενώ η ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης εμφάνισε τη χαμηλότερη τιμή pH.

Σημαντική θεωρήθηκε και η θετική συνεισφορά των μεμβρανών και των φυσικών αντιμικροβιακών στην ποσότητα της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης στα δείγματα γαρίδας που αποτελεί βασικό κριτήριο αλλοίωσής τους. Όσον αφορά στις εδώδιμες

μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν, τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η επικάλυψη χιτοζάνης, ενώ η ενσωμάτωση σε αυτή του αιθέριου ελαίου λεμονιού φαίνεται να μείωσε ακόμη περισσότερο το επίπεδο τριμεθυλαμίνης στα δείγματα γαρίδας.

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της τριμεθυλαμίνης απαντώνται και στην περίπτωση του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) στα δείγματα γαρίδας. Αυτό σημαίνει ότι η επικάλυψη χιτοζάνης έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα, ενώ ικανοποιητικά ήταν τα αποτελέσματα και στην περίπτωση της χρήσης εδώδιμης μεμβράνης CMC. Τα φυσικά αντιμικροβιακά από έλαιο ρίγανης, λεμονιού και μάραθου συνεισέφεραν στη διατήρηση της γαρίδας καθώς έδειξαν μία περαιτέρω μείωση του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου.

Για το δείκτη θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) στα δείγματα γαρίδας δεν προέκυψαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Δηλαδή, ενώ αναμενόταν αύξηση της τιμής του δείκτη στα δείγματα κατά την αποθήκευση, παρατηρήθηκε μικρή μείωση αυτού. Ωστόσο συγκρίνοντας τα τελικά αποτελέσματα αυτό που παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή TBA είναι το δείγμα με επικάλυψη πηκτίνης, ενώ σε ότι αφορά την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών η χαμηλότερη τιμή του δείκτη εμφανίζεται στην περίπτωση χρήσης του αιθέριου ελαίου λεμονιού.

Όσον αφορά τη σκληρότητα βάσει της κοπής των δειγμάτων παρατηρήθηκε ότι αυξήθηκε κατά την αποθήκευση για τα δείγματα με επικάλυψη μεμβρανών. Μεγαλύτερη σταθερότητα στη σκληρότητα βάσει της κοπής παρουσίασε το δείγμα με επικάλυψη CMC. Και στην περίπτωση της ενσωμάτωσης φυσικών αντιμικροβιακών στην επικάλυψη χιτοζάνης παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα για τη σκληρότητα των δειγμάτων. Μεγαλύτερη σταθερότητα προσέδωσε η ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης στην επικάλυψη χιτοζάνης.

Οι μετρήσεις της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης στα δείγματα γαρίδας κατά την αποθήκευση έδειξαν διαφοροποιήσεις ανάλογα με τη μεμβράνη. Η χρήση της εδώδιμης μεμβράνης CMC φαίνεται να διατήρησε σχετικά σταθερή τη σκληρότητα, ενώ η μεγαλύτερη σκληρότητα στα δείγματα προέκυψε με χρήση της εδώδιμης μεμβράνης HPMC. Ακόμη, η ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου λεμονιού στην επικάλυψη μεμβράνης χιτοζάνης φαίνεται να διατήρησε σχεδόν σταθερή τη σκληρότητα των δειγμάτων, ενώ η χρήση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου αύξησε τη σκληρότητα των δειγμάτων.

Όσον αφορά την ελαστικότητα των δειγμάτων γαρίδας παρατηρούνται μεταβολές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Συγκεκριμένα η εδώδιμη μεμβράνη CMC

παρουσίασε τις μικρότερες μεταβολές κατά τη 10-ήμερη αποθήκευση σε ψύξη, ενώ τη μεγαλύτερη ελαστικότητα στο τέλος της αποθήκευσης εμφάνισε το δείγμα με επικάλυψη πηκτίνης. Στην περίπτωση που ενσωματώθηκε φυσικό αντιμικροβιακό στην επικάλυψη χιτοζάνης διαπιστώθηκε μικρή διακύμανση της ελαστικότητας, ενώ η μεγαλύτερη σταθερότητα προέκυψε με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της υφής των δειγμάτων γαρίδας για το οποίο οι εδώδιμες μεμβράνες είχαν θετική επίδραση είναι η συνεκτικότητα. Πιο συγκεκριμένα η επικάλυψη με εδώδιμες μεμβράνες προσέδωσε μεγαλύτερη σταθερότητα στη συνεκτικότητα των δειγμάτων. Τα καλύτερα μάλιστα αποτελέσματα έδωσε η επικάλυψη χιτοζάνης, ενώ τη μεγαλύτερη συνεκτικότητα στο τέλος της αποθήκευσης η επικάλυψη με CMC. Όσον αφορά τα φυσικά αντιμικροβιακά η μεγαλύτερη σταθερότητα παρουσιάστηκε στην περίπτωση της ενσωμάτωσης του ελαίου μάραθου στην επικάλυψη χιτοζάνης.

Οι μετρήσεις του κομμώδους των δειγμάτων γαρίδας διαφοροποιήθηκαν κατά την αποθήκευση των δειγμάτων. Στην περίπτωση των επικαλυμμένων γαρίδων με χιτοζάνη το κομμώδες δεν εμφάνισε μεγάλες διαφορές κατά την αποθήκευση. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που ενσωματώθηκε φυσικό αντιμικροβιακό, γεγονός που δείχνει ότι η ενσωμάτωση του ελαίου δεν βοήθησε στη διατήρηση του κομμώδους των γαρίδων.

Παρόμοια αποτελέσματα με το κομμώδες εμφάνισε και η μασητικότητα των δειγμάτων γαρίδας κατά την αποθήκευση. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις, με τη μεγαλύτερη σταθερότητα να δίνουν τα δείγματα με επικάλυψη απλής χιτοζάνης (χωρίς ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού).

Το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων γαρίδας εκτιμήθηκε με βάση τη φωτεινότητα και τη μεταβολή του ολικού χρώματος κατά την αποθήκευση. Η φωτεινότητα δεν παρουσίασε μεγάλες μεταβολές, ωστόσο η επικάλυψη CMC όπως επίσης και ενσωμάτωση στην επικάλυψη χιτοζάνης του ελαίου μάραθου οδήγησαν σε αμελητέες μεταβολές της φωτεινότητας των δειγμάτων. Η μεταβολή του ολικού χρώματος αυξήθηκε με το χρόνο αποθήκευσης για όλα τα δείγματα. Η εφαρμογή όλων των εδώδιμων επικαλύψεων που εξετάστηκαν, πλην του HPMC, έδειξαν ικανοποιητική μείωση της μεταβολής του χρώματος. Τα καλύτερα αποτελέσματα ήταν απόρροια της επικάλυψης χιτοζάνης, ενώ η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών δεν φαίνεται να έδωσε τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Για τα δείγματα γαρίδας στα οποία ενσωματώθηκε φυσικό αντιμικροβιακό στην επικάλυψη χιτοζάνης εκτιμήθηκε και το οργανοληπτικό χρώμα, η υφή, το άρωμα και η ένταση (έκταση) της αλλοίωσης. Όσον αφορά στο χρώμα δεν παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές μεταξύ των δειγμάτων κατά την αποθήκευσή τους. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και κατά την εξέταση των δειγμάτων ως προς την υφή με το χέρι. Διαφορές εντοπίζονται σε ότι αφορά το άρωμα, όπου ακόμη και μετά το πέρας των 10 ημερών τα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού φαίνεται να παρουσιάζουν καλά αποτελέσματα. Από αυτά τα δείγματα ξεχωρίζουν ως προς το άρωμά τους εκείνα στα οποία έχει ενσωματωθεί έλαιο ρίγανης και λεμονιού. Καθώς το άρωμα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αλλοίωσης, τα αποτελέσματα σε ότι αφορά την ένταση της αλλοίωσης δεν θα μπορούσαν να διαφοροποιηθούν, χαρακτηρίζοντας έτσι τα δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου ρίγανης και λεμονιού ως τα λιγότερο αλλοιωμένα.

Τέλος, από τη συνολική αξιολόγηση των δειγμάτων γαρίδας αποδείχτηκε ότι η επικάλυψη χιτοζάνης έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αφορά τις μεταβλητές αλλοίωσης, ενώ η επικάλυψη CMC ήταν η πιο αποτελεσματική σε ότι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα έλαια λεμονιού και μάραθου που ενσωματώθηκαν στην επικάλυψη χιτοζάνης βοήθησαν στη διατήρηση των γαρίδων υπό ψύξη.

9.2 Προτάσεις για το μέλλον

Γενικά η χρησιμοποίηση εδώδιμων επικαλύψεων καθώς και η ενσωμάτωση σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών ουσιών, με σκοπό την καθυστέρηση της μικροβιακής και ποιοτικής αλλοίωσης όπως επίσης και την αντικατάσταση των χημικών συντηρητικών αποτελεί ένα ενδιαφέρον αντικείμενο έρευνας και εφαρμογής για τη συντήρηση των τροφίμων. Αυτός ο τομέας των τροφίμων φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενος και να παρουσιάζει συνεχή εξέλιξη, ενώ ταυτόχρονα χρήζει της αποδοχής των καταναλωτών. Για κάποιον που ενδιαφέρεται να πραγματοποιήσει περαιτέρω μελέτη πάνω σε αυτό το αντικείμενο προτείνεται:

- Η ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών και σε άλλες επικαλυπτικές μεμβράνες πέραν της χιτοζάνης

- Ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών στη μάζα των γαρίδων.
- Η εξέταση του συνδυασμού των επικαλυπτικών μεμβρανών και η σύγκρισή τους καθώς ενδέχεται να δώσει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα αντίστοιχα της εκάστης ουσίας χωριστά. Το ίδιο μπορεί να πραγματοποιηθεί και στην περίπτωση των φυσικών αντιμικροβιακών.
- Η μελέτη των δειγμάτων σε συνθήκες κατάψυξης, ώστε να γίνει διερεύνηση της επίδρασης της θερμοκρασίας στη συντήρηση των δειγμάτων και υπολογισμός του χρόνου ζωής τους.
- Η μελέτη και άλλων επικαλυπτικών μεμβρανών και άλλων φυσικών αντιμικροβιακών για να τη διερεύνηση της δράσης τους όπως επίσης και η εφαρμογή τους σε άλλα είδη ψαριών.
- Συνδυασμός της επικάλυψης των γαρίδων με αποθήκευση υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] J. Oehlenschläger, "Introduction-Importance of Analysis in Seafood and Seafood Products, Variability and Basic Concepts," in *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis*, Taylor and Francis Group, LLC, 2010, pp. 3-10.
- [2] Δ. Παπαναστασίου, *Τεχνολογία και Ποιοτικός Έλεγχος Αλιευμάτων*, Εκδόσεις Ιών, 1990.
- [3] F. a. A. O. (FAO), "The state of world fisheries and agriculture: contributing to food security and nutrition for all," 2016. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>. [Accessed 1 September 2016].
- [4] S. ZE, "Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation," *CRC Press Inc*, vol. 7, pp. 15-17, 1990.
- [5] R. Gillet, "Global studies of shrimp fisheries," *FAO Fish Tech Paper*, vol. 475, pp. 331-359, 2008.
- [6] FAO, "Shrimp fisheries under scrutiny," 2009. [Online]. Available: www.fao.org/news/story/en/item/10164/icode/. [Accessed 14 August 2009].
- [7] H. Belitz, W. Grosch and P. Scieberle, "Ιχθυηρά, κητοειδή, οστρακόδερμα," in *Χημεία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2009, pp. 633-357.
- [8] F. a. A. O. (FAO)/INFOODS., "Global food composition database for fish and shellfish. Version 10-uFiSh10.," 2016. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/a-i6655e.pdf>. [Accessed 6 January 2017].
- [9] Q. Lou, Y. Wang and C. Xue, "Lipid and fatty acid composition of abalone *Haliotis discus Hannailno* and *Haliotis diversicolor*," *J. Food Biochem*, vol. 37, pp. 293-301, 2013.
- [10] H. Suleria, P. Masci, G. Gobe and S. Osborne, "Therapeutic potential of abalone and status of bioactive molecules: a comprehensive review," *Crit. Rev. Food Nutr.*, vol. 57, pp. 1742-1748, 2017.

- [11] S. Kim and J. Venkatesan, "Introduction to seafood science," in *Seafood science: advances in chemistry, technology and applications*, CRC Press, 2015, pp. 1-13.
- [12] V. Venugopal and d. K. Gopakumar, "Shellfish: Nutritive Value, Health Benefits and Consumer Safety," *Cmprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* , pp. 1-24, 2017.
- [13] U. D. o. A. (USDA), "Food composition databases USDA National Nutrient Database for Standard Reference.," 2012. [Online]. Available: <http://ndb.nal.usdagov/ndb/search/list>. [Accessed 4 June 2016].
- [14] V. Venugopal and F. Shahidi, "Structure and composition of fish muscle," *Food Rev. Intl.*, vol. 12, pp. 175-197, 1996.
- [15] S. Cherif, F. Frikha, Y. Gargouri and N. Miled , "Fatty acid composition of green crab (*Carcinus mediterraneus*) from the Tunisian Mediterranean coasts," *Food Chemistry*, vol. 111, pp. 930-933, 2008.
- [16] A. Sriket, S. Benjakul, W. Visessanguan and K. Kijroongrojan, "Comparative studies on chemical composition, thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Peneaus vannamei*) meats," *Food Chemistry*, vol. 103, pp. 1199-1207, 2007.
- [17] T. Turan, Y. Kaya and M. Erdem, " Proximate composition cholesterol and fatty acid content of brown shrimp (*Crangon crangon* L.1758) from Sinop Region, Black Sea," *J. Aquatic Food Prod Technol.* , vol. 20, pp. 100-107, 2011.
- [18] H. Huss, L. Ababouh and L. Gram, *Assessment and Management of Seafood Safety and Quality*, Rome: Technical Paper, 2003.
- [19] R. Rosa and M. Nunes, "Nutritional quality of red shrimp *Aristeus antennatus* Risso, pink shrimp *Parapenaeus longirostris* Lucas and Norway," *J. Sci Food Agric* , vol. 8, pp. 89-94, 2004.
- [20] K. Chakraborty, S. J. Chakkalakal, D. Joseph and J. Minju, "Nutritional Composition of Edible Oysters from South West Coast of India," *Journal of*

Aquatic Food Product Technology, 2016.

- [21] J.-P. Berge and G. Barnathan, "Fatty acids from lipids of marine organisms: molecular diversity, role of biomarkers, biologically active compounds and economical aspects.," *Adv. Biochem Engr/Biotechnol*, vol. 96, pp. 49-125, 2005.
- [22] V. Venugopal, *Marine products for Healthcare: functional and bioactive nutraceuticals from the ocean*, Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [23] V. Venugopal and S. Lele, "Nutaceuticals from seafood processing waste," in *Handbook of Marine biotechnology*, Gaithersburg Md, Springer, 2014, pp. 1405-1425.
- [24] C. Hasler, "Functional Foods: their role in disease prevention and health promotion," *Journal Of Food and Technology*, vol. 52, pp. 63-67, 1998.
- [25] T.-S. Vo, D.-H. Ngo, K. Kang, W. Jung and S. Kim, "The beneficial properties of marine polysaccharides in alleviation of allergic responses," *Mol Nutr Res*, vol. 59, pp. 129-138, 2015.
- [26] U. Grienke, J. Silke and D. Tasdemir, "Bioactive compounds from marine mussels and their effects on human health," *Food Chemistry*, vol. 142, pp. 48-60, 2014.
- [27] "SELF Nutrition Data. Nutrition Facts," [Online]. Available: <http://nutritiondataself.com/facts/flfish-and-shellfish-products/4174/2..> [Accessed 15 September 2015].
- [28] B. Caballero, P. M. Finglas and F. Toldra, *Encyclopedia of Food and Health*, vol. 1, Oxford: Academic Press, 2016, pp. 118-119.
- [29] A. Ghaly, D. DavE, S. Budge and M. Brooks, "Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review," *American Journal of Applied Science*, vol. 7, pp. 859-877, 2010.
- [30] Β.-Δ. Μπρατσιάκος, "Προσδιορισμός της ποιότητας νωπών αλιευμάτων μέσω εργαστηριακών μεθόδων," Καλαμάτα, 2016.

- [31] J. H. Huis in't Veld, "Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 33, pp. 1-18, 1996.
- [32] J. Liston, "Microbiology in fishery science. Advances in Fisheries Science and Technology," Farnham, Fishing News Books, 1980, pp. 138-157.
- [33] L. Gram and H. H. Huss, "Microbiological spoilage of fish and fish products," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 33, no. 1, pp. 121-137, 1996.
- [34] V. Venugopal, "Postharvest Quality Changes and Safety Hazards," in *Seafood Processing Adding Value Through Quick Freezing Retortable Packaging and Cook-Chilling*, CRC Press, 2006, pp. 23-60.
- [35] T. E. Yogyakarta, "Potency of Chitosan as a Bioactive Edible Coating for Preservation of Meat of Common Shrimps (*Crangon crangon*)," Hamburg, 2010.
- [36] S. Baixas-Nogueras, T. Bover-Cid, V. Nogues and M. C. Vidal-Carou, "Chemical and Sensory changes in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) under refrigeration (6-8°C) and stored in Ice," *J Agric Food Chem*, vol. 50, pp. 6504-6510, 2002.
- [37] J. Smith, I. Ashie and B. Simpson, "Spoilage and shelf life extension of fresh fish and shellfish," *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 36, pp. 87-121, 1996.
- [38] Q. Z. Zeng, K. A. Thorarinsdottir and G. Olafsdottir, "Quality Changes of Shrimp (*Pandalus borealis*) Stored Under Different Cooling Conditions," *Journal of Food Science*, vol. 70, pp. 459-466, 2005.
- [39] Σ. Γεννάρης, Υπουργείο Γεωργίας και Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, [Online]. Available: <http://www.moa.gov.cy/vs>.
- [40] H. H. Huss, A. Reilly and P. Karim Ben Embarek, "Prevention and control of hazards in seafood," *Food Control*, vol. 11, pp. 149-156, 2000.
- [41] R. Bazemore, S.-G. Fu, Y. Yoon and D. Marshall, "Major Causes of Shrimp Spoilage and Methods for Assessment," in *In Off-Flavors in Aquaculture*, 2003,

pp. 223-234.

- [42] K. A. Thórarinsdóttir and G. Ólafsdóttir, "Quality Indicators of Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) Stored under Different Cooling Conditions," in *Fisheries Training Programme, Iceland*, 2003.
- [43] H. H. Huss, "Control of indigenous pathogenic bacteria in seafood," *Food Control*, vol. 8, no. 2, pp. 91-98, 1997.
- [44] A. Miko, K. Pries, A. Schroeter and R. Helmuth, "Molecular mechanisms of resistance in multidrug-resistant serovars of *Salmonella enterica* isolated from foods in Germany," *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, vol. 56, pp. 1025-1033, 2005.
- [45] G. Olafsdóttir, E. Martinsdóttir, J. Oehlenschläger, P. Dalgaard, B. Jensen, I. Undeland, I. Mackie, G. Henehan, J. Nielsen and H. Nilsen, "Methods to evaluate fish freshness in research and industry," *Trends in Food Science and Technology*, vol. 8, no. 8, pp. 258-265, 1997.
- [46] B. Simpson, N. Gagné, I. Ashie and E. Noroozi, "Utilization of chitosan for preservation of raw shrimp," *J. Food Biochem.*, vol. 12, pp. 205-210, 1997.
- [47] C.-H. Xue, Q.-X. Zhao, J. Xu, W.-J. Sheng, R.-C. Gao, Y. Xue and Z.-J. Li, "Determination of Biogenic Amines in Squid and White Prawn by High-Performance Liquid Chromatography with Postcolumn Derivatization," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 55, pp. 3083-3088, 2007.
- [48] P. Gibbs and V. Gekas, "Water activity and microbiological aspects of foods: a knowledge base," *Leatherhead Food Research Association*, pp. 1-6, 1998.
- [49] L. Rockland and G. Stewart, *Water activity: Influences on Food Quality*, New York: Academic Press, 1998, pp. 1-61.
- [50] L. Beuchat and L. Rockland, *Theory and Applications to food*, New York: Marcel Dekker Inc., 1987, pp. 287-294.
- [51] B. Maas-van Berkel, C. Heijnen and B. Van den Boogard, *Preservation of fish*

and meat, 2004.

- [52] S. L. Akintola, A. Brown, A. Bakare, O. D. Osowo and B. O. Bello, "Effects of hot smoking and Sun Drying Processes on Nutritional Composition of Giant Tiger Shrimp," *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, vol. 63, no. 4, pp. 227-237, 2013.
- [53] Δ. Παπαναστασίου, Τεχνολογία και Ποιοτικός Έλεγχος Αλιευμάτων, Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.
- [54] Δ. Κοροδήμα and Κ. Χαραλάμπους, "Χημική σύνθεση και Ποιοτική Αξιολόγηση σε Συνθήκες Ψύξης (χωρίς πάγο) του είδους *Mugil cephalus*," Μεσολόγγι, 1998.
- [55] S. Boonsumrej, S. Chaiwanichsiri, S. Tantratian, T. Suzuki and R. Takai, "Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing," *Journal of Food Engineering*, vol. 80, pp. 292-299, 2007.
- [56] G. M. Hall, "Smoking," in *Fish Processing: Sustainability and New Opportunities*, Preston UK, Wiley-Blackwell, 2011, pp. 717-732.
- [57] I. Arvanitoyannis and A. Stratakos, "Effect of Irradiation on Fish and Seafood," in *Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation and Consumer Opinion*, 2010, pp. 287-353.
- [58] Z. Torres, G. Kahn, M. Vivanco, G. Guzman and B. Bernuy, "Shelf-life extension and decontamination of fish fillets (*Trachurus picturatus murphyi* and *mugil cephalus*) and shrimp tails (*penaeus vannamei*) inoculated with toxigenic *vibrio cholerae* O1 el tor using gamma radiation," pp. 47-56.
- [59] V. J. Sinanoglou, A. Batrinou, S. Konteles and K. Sflomos, "Microbial Population, Physicochemical Quality, and Allergenicity of Molluscs and Shrimp Treated with Cobalt-60 Gamma Radiation," *Journal of Food Protection*, vol. 70, no. 4, pp. 958-966, 2007.

- [60] J. Regenstein and C. Regenstein, *Introduction to Fish Technology*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [61] S. Shaw, E. Bligh and A. Woyeboda, "Effect of potassium sorbate application on shelf life of Atlantic cod (*Gadus morhua*)," *Journal of Canadian Institute of Food Science and Technology*, vol. 16, pp. 237-241, 1983.
- [62] M. Davidson, "Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds," in *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers*, Washington DC, ASM Press, 1997, pp. 520-556.
- [63] S. Manju, J. Leema, T. Srinivasa Gopal, C. Ravishankar and K. Lalitha, "Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlscale (*Etroplus suratensis*) during chill storage," *Food Chemistry*, vol. 102, pp. 27-35, 2007.
- [64] J. Kim and D. Marshall, "Effect of lactic acid on *Listeria monocytogenes* and *Edwardsiella tarda* attached to catfish skin," *Food Microbiology*, vol. 18, pp. 589-596, 2001.
- [65] W. Lin, T. Huang, J. Cornell, C. Lin and C. Wei, "Bacterial activity of aqueous chlorine and chlorine dioxide solutions in a fish model system," *Journal of Food and Science*, vol. 61, pp. 1030-1034, 1996.
- [66] J. Kim, T. Huang, M. Marshall and C. Wei, "Chlorine dioxide treatment of seafoods to reduce bacterial loads," *Food Microbiology and Safety*, vol. 64, pp. 1089-1093, 1999.
- [67] G. Perloy, M. Peterson, P. Holland and M. Eklund, "Inhibition of *Listeria Monocytogenes* in cold-process (smoked) salmon by sodium nitrate and packaging method," *Journal of Food Quality*, vol. 13, pp. 209-223, 1994.
- [68] S. Slattery, "Packaging and the shelf life of fish," in *Food Packaging and Shelf life A Practical Guide*, CRC Press, 2010, pp. 279-295.
- [69] S. Burt, "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 94, pp. 223-253,

2004.

- [70] L. Taylor, D. Cann and B. Welch, "Antibotulinal properties of nisin in fresh fish packed in an atmosphere of carbon dioxide," *Journal of Food Protection*, vol. 53, pp. 953-957, 1990.
- [71] O. U. Linus, S. M. Al-Jufaili and M. S. Rahman, "Postharvest Handling and Preservation of Fresh Fish and Seafood," in *Handbook of Food Preservation*, 2007, pp. 152-170.
- [72] V. Venugopal, "Modified-Atmosphere Packaging," in *Seafood Processing: Adding Value Through Quick Freezing Retortable Packaging and Cook-Chilling*, CRC Press, 2006, pp. 167-194.
- [73] G. Fletcher, "Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of fish and crustaceans," in *Advances in meat, poultry and seafood packaging*, New Zealand, Woodhead Publishing, 2012, pp. 261-297.
- [74] M. M. Al-Dagal and W. A. Bazaraa, "Extension of Shelf Life of Whole and Peeled Shrimp with Organic Acid Salts and Bifidobacteria," *Journal of Food Protection*, vol. 62, no. 1, pp. 51-56, 1999.
- [75] A. Huidobro, M. E. Lopez-Caballero and R. Mendes, "Onboard processing of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) with liquid ice: Effect on quality," *Eur Food Res Technol*, vol. 214, pp. 469-475, 2002.
- [76] G. Valdimarson, H. Einarson, B. Gudbjornsdottir and H. Magnusson, "Microbiological quality of Icelandic cooked-peeled shrimp," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 45, pp. 157-161, 1998.
- [77] Κ. Τζιά and Α. Τσιαπούρης, HACCP, Αθήνα: Παπασωτηρίου, 1996.
- [78] Κ. Τζιά, Σχεδιασμός και Λειτουργία Βιομηχανίας Τροφίμων, Αθήνα, 2010.
- [79] V. Vazhiyil, "Safety Hazards with Marine Products and their Control," in *Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean*, CRC Press, 2009, pp. 467-499.

- [80] S. Vidaček, "Seafood," in *Food Safety Management*, 2014, pp. 189-212.
- [81] Β. Πιτυρίγκα, Αρχές του συστήματος HACCP, Αθήνα : Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007.
- [82] H. Huss, "Development and use of HACCP concept in fish processing," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 15, no. 1, pp. 33-44, 1992.
- [83] H. H. Huss, A. Reilly and K. B. Embarek, "Prevention and Control of Hazards in seafood," *Food Control*, vol. 11, pp. 149-156, 2000.
- [84] K. Bothén, "Food safety in land-based shrimp productions-Establishment of a HACCP plan at VegaFish AB," Uppsala, 2015.
- [85] F. Debeaufort and J. Quezada-Gallo, "Edible Films and Coatings: Tomorrow's packagings: A review," *Critical Reviews in Food Science*, vol. 38, pp. 299-313, 1998.
- [86] A. Gennadios, "Proteins as Raw Materials for Films and Coatings: Definitions, Current Status, and Opportunities," in *PROTEIN-BASED FILMS and COATINGS*, CRC Press, 2002, pp. 1-41.
- [87] R. Dhall, "Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A review," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , vol. 53, pp. 435-450, 2013.
- [88] Μ. Μοδίτση, "Μελέτη μεμβρανών από πρωτεΐνες γάλακτος ως συστήματα μεταφοράς και ελεγχόμενης απελευθέρωσης αντιμικροβιακών ουσιών," Θεσσαλονίκη, 2012.
- [89] D. Lin and Y. Zhao, "Innovations in the development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 6, no. 3, pp. 60-75, 2007.
- [90] I. Arvanitoyannis and L. G. M. Gorris, "Edible and Biodegradable Polymeric Materials for Food Packaging," in *Processing Foods: Quality. Optimization and Process Assessment*, Boca Raton, Florida, CRC Press, 1999, pp. 357-371.

- [91] S. Guilbert, "Technology and Application of edible protective films," in *Food Packaging and preservation: theory and practice*, New York, Elsevier Applied Science Publishers, 1986, pp. 371-394.
- [92] Μ. ΓΟΝΤΙΚΑ-ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ, "Χρήση εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε τηγανισμένα προϊόντα φρούτων και λαχανικών και διατήρησ τους σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας," Αθήνα, 2016.
- [93] S. Guilbert, N. Gontard and L. Gorris, "Prolongation of the shelf life of perishable food products using biodegradable films and coatings," *Lebensm. Wiss. Technol.*, vol. 29, pp. 10-17, 1996.
- [94] I. Donhowe and O. Fennema, "The effects of Plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methycellulose films," *Food Processing Preservation*, vol. 17, pp. 247-257, 1993.
- [95] Embuscado, E. Milda, Huber and C. Kerry, "Edible films and Coatings for Food Applications," *Springer*, 2009.
- [96] S. C. Dong and C. Manjeets, "Biopolymer-Based Antimicrobial PackagingQ A Review," Georgia, 2004.
- [97] H. M. C. d. Azeredo, "Edible Coatings".
- [98] S. Roller, "Chitosan: new food preservative or laboratory curiosity?," in *Natural antimicrobials for the minimal processing of foods*, 2003.
- [99] A. Gennadios, A. Milford and L. B. Kurth, "Application of edible Coatingw on Meats, Poultry and Seafoods: A Review," *Lebensm_Wiss u-Technol.*, vol. 30, pp. 337-350, 1997.
- [100] D. S. Cha and M. S. Chinnan, "Biopolymer-Based Antimicrobial Packaging: A review," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 44, pp. 223-237, 2004.
- [101] K. Khwaldia, C. Perez, S. Banon, S. Desorby and J. Hardy, "Milk Proteins for Edible Films and Coatings," *Critical Reviews i Food Science and Nutrition*, vol. 44, pp. 239-251, 2004.

- [102] G. Olivas and G. Barbosa-Canovas, "Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 45, pp. 657-670, 2005.
- [103] S. Dehghani, S. V. Hosseini and J. Regenstein, "Edible films and coatings in seafood preservation: A review," *Food Chemistry*, vol. 240, pp. 505-513, 2018.
- [104] G. Nychas, "Natural Antimicrobials from plants," in *New Methods of Food Preservation*, Boston, Springer, 1995, pp. 58-89.
- [105] P. Davidson and S. Zivanovic, "The use of natural antimicrobials," in *Food Preservation techniques*, CRC Press, 2003.
- [106] M. Sharma and R. Sharma, "Coriander," in *Handbook of Herbs and Spices*, 2012, pp. 216-249.
- [107] E. Guenther, *The Essential Oils*, New York, 1948.
- [108] J. T. Rosnes, M. Sivertsvik and S. Torstein, "MA packaging combines with other preserving factors," in *INTELLIGENT AND ACTIVE PACKAGING FOR FRUITS AND VEGETABLES*, CRC Press, 2008, p. 124.
- [109] W. Boyle, "Spices and essential oils," *The American Perfumer and Essential Oil Review*, vol. 66, pp. 25-28, 1955.
- [110] K. Bauer, D. Garbe and H. Suburg, *Common Fragrance and Flavor Materials: Preparation, Properties and Uses*, Weinheim, 2001.
- [111] S. Burt, "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 94, pp. 223-253, 2004.
- [112] N. M. ΣΟΛΩΜΑΚΟΣ, "Μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης αιθέριων ελαίων βοτάνων και της νισίνης σε βόειο κρέας," Καρδίτσα, 2007.
- [113] K. Adam, A. Sivropoulou, S. Kokkini, T. Lanaras and M. Arsenakis, "Antifungal activities of *Oreganum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Levandula angustifolia* and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic

- fungi," *Journal of agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, pp. 1739-1745, 1998.
- [114] V. Exarchou, N. Nenadis, M. Tsimidou, I. Gerothanassis, A. Troganis and D. Boskou, "Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from Greek Oregano, Greek sage and Summer savory," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, pp. 5294-5299, 2002.
- [115] "Assesing Phenotypic and Molecular Variability in Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Cultivars," *Journal of Applied Science Research*, pp. 3880-3889, 2013.
- [116] A. Zeb, "Coriander (*Coriandrum sativum*) Oils," in *Essential Oils in Food Preservation. Flavor and Safety*, 2016, pp. 359-364.
- [117] J. Matasyoh, Z. Maiyo, R. Ngure and R. Chepkorir, "Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*," *Food Chemistry*, pp. 526-529, 2009.
- [118] V. Preedy, *Essential oils in food Preservation, Flavor and Safety*, London: Academic Press, 2016.
- [119] S. R. Uhl, "A to Z Spices," in *Spices, Seasonings and Flavorings*, 2000.
- [120] N. Nasser, AL-Jabri and A. M. Hossain , "Chemical composition and antimicrobial potency of locally grown lemon essential oil against selected bacterial strains," *Journal of King Saud University-Science*, vol. 30, no. 1, pp. 14-20, 2018.
- [121] G. A. Ponce, I. S. Roura, Carlos E. del Valle and R. M. Moreira, "Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings anriched wiith natural plant extracts: In vitro and in vivo studies," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 49, no. 2, pp. 294-300, 2008.
- [122] Σ. Χανιώτη, "Χρήση Φυσικών αντιμικροβιακών ενσωματωμένων σε εδώδιμες επικαλυπτικές μεμβράνες σε προϊόντα κρέατος," Αθήνα.
- [123] A. Alfonzo, A. Martorana , V. Guarrasi, M. Barbera, R. Gaglio, A. Santulli, L. Settanni, A. Galati, G. Moschetti and N. Francesca, "Effect of the lemon essential

oils on the safety and sensory quality of salted sardines (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792)," *Food Control*, pp. 1265-1274, 2017.

[124] M. M. Sharma and R. K. Sharma, "Coriander," in *Handobook of Herbs and Spices* , 2012, pp. 216-249.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στατιστικά Αποτελέσματα

Δείγματα με εδώδιμες μεμβράνες

Στατιστικά αποτελέσματα για το PCA

Univariate Tests of Significance for PCA (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1757,358	1	1757,358	18466,18	0,000000
Μεμβράνη	1,587	5	0,317	3,33	0,023710
Χρόνος	12,439	4	3,110	32,68	0,000000
Error	1,903	20	0,095		

Duncan test; variable PCA (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09517, df = 20,000							
Cell No.	Μεμβράνη	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		7,7740	7,2220	7,6720	7,8620	7,8820	7,5100
1	1		0,015945	0,606990	0,656956	0,607484	0,214944
2	2	0,015945		0,039826	0,006943	0,006171	0,155632
3	3	0,606990	0,039826		0,368659	0,336235	0,416336
4	4	0,656956	0,006943	0,368659		0,919489	0,112377
5	5	0,607484	0,006171	0,336235	0,919489		0,100698
6	6	0,214944	0,155632	0,416336	0,112377	0,100698	

Duncan test; variable PCA (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09517, df = 20,000						
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6,6283	7,2850	7,7517	8,1667	8,4367
1	1		0,001614	0,000076	0,000058	0,000033
2	2	0,001614		0,016545	0,000170	0,000061
3	3	0,000076	0,016545		0,030518	0,001440
4	4	0,000058	0,000170	0,030518		0,145334
5	5	0,000033	0,000061	0,001440	0,145334	

Στατιστικά αποτελέσματα για την % Απώλεια Βάρους

Univariate Tests of Significance for Απώλεια Βάρους (στατιστική ανάλυση μεμβράν) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	354,7329	1	354,7329	308,9077	0,000000
Μεμβράνη	31,1602	5	6,2320	5,4270	0,002587
Χρόνος	119,4928	4	29,8732	26,0141	0,000000
Error	22,9669	20	1,1483		

Duncan test; variable Απώλεια Βάρους (στατιστική ανάλυση μεμβράνης) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,1483, df = 20,000							
Cell No.	Μεμβράνη	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		5,5180	2,7500	3,7240	3,2780	2,3820	2,9800
1	1		0,001190	0,015608	0,004800	0,000411	0,002190
2	2	0,001190		0,202166	0,470780	0,593277	0,738005
3	3	0,015608	0,202166		0,518148	0,088866	0,311897
4	4	0,004800	0,470780	0,518148		0,239601	0,665011
5	5	0,000411	0,593277	0,088866	0,239601		0,414691
6	6	0,002190	0,738005	0,311897	0,665011	0,414691	

Duncan test; variable Απώλεια Βάρους (στατιστική ανάλυση μεμβράνης) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,1483, df = 20,000						
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		0,0000	2,3983	5,0767	4,4783	5,2400
1	1		0,001084	0,000058	0,000073	0,000033
2	2	0,001084		0,000511	0,003255	0,000355
3	3	0,000058	0,000511		0,345192	0,794600
4	4	0,000073	0,003255	0,345192		0,257972
5	5	0,000033	0,000355	0,794600	0,257972	

Στατιστικά αποτελέσματα για το pH

Univariate Tests of Significance for pH (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1478,552	1	1478,552	34932,21	0,000000
Μεμβράνη	2,431	5	0,486	11,49	0,000025
Χρόνος t	0,144	4	0,036	0,85	0,509630
Error	0,847	20	0,042		

Duncan test; variable pH (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,04233, df = 20,000							
Cell No.	Μεμβράνη	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		7,0700	6,8460	7,4480	7,2900	6,6040	6,8640
1	1		0,117981	0,011506	0,106570	0,003140	0,129213
2	2	0,117981		0,000367	0,004556	0,077820	0,891484
3	3	0,011506	0,000367		0,238901	0,000034	0,000439
4	4	0,106570	0,004556	0,238901		0,000109	0,005141
5	5	0,003140	0,077820	0,000034	0,000109		0,071910
6	6	0,129213	0,891484	0,000439	0,005141	0,071910	

Στατιστικά αποτελέσματα για την τριμεθουλαμίνη (TMA)

Univariate Tests of Significance for TMA (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1373,092	1	1373,092	411,0498	0,000000
Μεμβράνη	39,795	5	7,959	2,3826	0,075223
Χρόνος†	173,218	4	43,304	12,9636	0,000023
Error	66,809	20	3,340		

Duncan test; variable TMA (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3,3405, df = 20,000						
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		3,1117	6,3067	5,7833	8,4850	10,140
1	1		0,008819	0,019977	0,000150	0,000035
2	2	0,008819		0,625474	0,052329	0,002314
3	3	0,019977	0,625474		0,023846	0,000939
4	4	0,000150	0,052329	0,023846		0,132621
5	5	0,000035	0,002314	0,000939	0,132621	

Στατιστικά αποτελέσματα για το TVBN

Univariate Tests of Significance for TVBN (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	21378,58	1	21378,58	411,8509	0,000000
Μεμβράνη	206,26	5	41,25	0,7947	0,566137
Χρόνος†	3105,66	4	776,41	14,9574	0,000008
Error	1038,17	20	51,91		

Duncan test; variable TVBN (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 51,909, df = 20,000						
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		16,137	20,048	23,545	28,361	45,383
1	1		0,358400	0,106393	0,012669	0,000034
2	2	0,358400		0,410679	0,071872	0,000066
3	3	0,106393	0,410679		0,260695	0,000119
4	4	0,012669	0,071872	0,260695		0,000702
5	5	0,000034	0,000066	0,000119	0,000702	

Στατιστικά αποτελέσματα για το TBA

Univariate Tests of Significance for TBA (στατιστική ανάλυση μ) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,000211	1	0,000211	454,3045	0,000000
Μεμβράνη	0,000003	5	0,000001	1,1106	0,386063
Χρόνος†	0,000006	4	0,000001	2,9666	0,044797
Error	0,000009	20	0,000000		

Duncan test; variable TBA (στατιστική ανάλυση μεμβράνες)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,00000, df = 20,000						
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,00264	,00346	,00217	,00250	,00250
1	1		0,051016	0,292522	0,748601	0,737253
2	2	0,051016		0,007292	0,036319	0,031905
3	3	0,292522	0,007292		0,413619	0,437236
4	4	0,748601	0,036319	0,413619		0,996473
5	5	0,737253	0,031905	0,437236	0,996473	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη σκληρότητα με κοπίδι

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα με κοπίδι (στατιστική ανάλυση)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1246,141	1	1246,141	226,5184	0,000000
Μεμβράνη	98,997	5	19,799	3,5991	0,017490
Χρόνος t	20,912	4	5,228	0,9503	0,455800
Error	110,026	20	5,501		

Duncan test; variable Σκληρότητα με κοπίδι (στατιστική ανάλυση μεμβράνες)							
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests							
Error: Between MS = 5,5013, df = 20,000							
Cell No.	Μεμβράνη	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		6,4996	5,7320	3,4720	8,3270	5,6800	8,9594
1	1		0,610655	0,074330	0,232400	0,608151	0,131447
2	2	0,610655		0,164300	0,112435	0,972505	0,058095
3	3	0,074330	0,164300		0,007054	0,152378	0,003117
4	4	0,232400	0,112435	0,007054		0,116179	0,674566
5	5	0,608151	0,972505	0,152378	0,116179		0,059108
6	6	0,131447	0,058095	0,003117	0,674566	0,059108	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη σκληρότητα με κύλινδρο

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα με κύλινδρο (στατιστική ανάλυση)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	22019,68	1	22019,68	918,8890	0,000000
Μεμβράνη	440,10	5	88,02	3,6731	0,016083
Χρόνος t	182,10	4	45,52	1,8998	0,149894
Error	479,27	20	23,96		

Duncan test; variable Σκληρότητα με κύλινδρο (στατιστική ανάλυση μεμβράνης) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 23,963, df = 20,000							
Cell No.	Μεμβράνη	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		27,569	25,146	26,366	21,406	27,864	34,202
1	1		0,468694	0,701733	0,081310	0,925256	0,054808
2	2	0,468694		0,697844	0,241256	0,431474	0,014675
3	3	0,701733	0,697844		0,144421	0,653259	0,029300
4	4	0,081310	0,241256	0,144421		0,073910	0,001202
5	5	0,925256	0,431474	0,653259	0,073910		0,054151
6	6	0,054808	0,014675	0,029300	0,001202	0,054151	

Στατιστικά αποτελέσματα για την ελαστικότητα

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα (στατιστική ανάλυση μεμβράνης) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	61,18609	1	61,18609	1582,513	0,000000
Μεμβράνη	0,14253	5	0,02851	0,737	0,604314
Χρόνος	0,10822	4	0,02706	0,700	0,601158
Error	0,77328	20	0,03866		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη συνεκτικότητα

Univariate Tests of Significance for Συνεκτικότητα (στατιστική ανάλυση μεμβράνης) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	11,73763	1	11,73763	105,3487	0,000000
Μεμβράνη	0,08689	5	0,01738	0,1560	0,975696
Χρόνος	0,78126	4	0,19531	1,7530	0,178047
Error	2,22834	20	0,11142		

Στατιστικά Αποτελέσματα για το κομμώδες

Univariate Tests of Significance for Κομμώδες (στατιστική ανάλυση μεμβράνης) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7498,771	1	7498,771	184,1428	0,000000
Μεμβράνη	421,204	5	84,241	2,0686	0,112156
Χρόνος	227,317	4	56,829	1,3955	0,271421
Error	814,452	20	40,723		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη μασητικότητα

Univariate Tests of Significance for Μασητικότητα (στατιστική ανάλυση μεμβράνες Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14757,36	1	14757,36	230,2292	0,000000
Μεμβράνη	763,73	5	152,75	2,3830	0,075191
Χρόνος	585,54	4	146,39	2,2838	0,096087
Error	1281,97	20	64,10		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη φωτεινότητα

Univariate Tests of Significance for Φωτεινότητα (στατιστική ανάλυση μεμβράνες Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	96948,01	1	96948,01	14874,46	0,000000
Μεμβράνη	49,63	5	9,93	1,52	0,227388
Χρόνος	13,80	4	3,45	0,53	0,715455
Error	130,36	20	6,52		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του ολικού χρώματος

Univariate Tests of Significance for ΔΕ, (στατιστική ανάλυση μεμβράνες Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	351,5353	1	351,5353	173,6867	0,000000
Μεμβράνη	28,3754	5	5,6751	2,8039	0,044618
Χρόνος	89,6405	4	22,4101	11,0724	0,000067
Error	40,4792	20	2,0240		

Duncan test; variable ΔΕ, (στατιστική ανάλυση μεμβράνες) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 2,0240, df = 20,000							
Cell No.	Μεμβράνη	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		3,3428	4,7140	3,3920	2,1040	2,4320	4,5540
1	1		0,177038	0,957044	0,207262	0,323645	0,217249
2	2	0,177038		0,179267	0,016818	0,032026	0,860771
3	3	0,957044	0,179267		0,203889	0,325408	0,211406
4	4	0,207262	0,016818	0,203889		0,719413	0,022155
5	5	0,323645	0,032026	0,325408	0,719413		0,041102
6	6	0,217249	0,860771	0,211406	0,022155	0,041102	

Duncan test; variable ΔΕ, (στατιστική ανάλυση μεμβράνες)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 2,0240, df = 20,000						
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		0,0000	4,1850	4,6150	3,8917	4,4240
1	1		0,000141	0,000066	0,000265	0,000105
2	2	0,000141		0,627025	0,724866	0,774193
3	3	0,000066	0,627025		0,430056	0,818606
4	4	0,000265	0,724866	0,430056		0,547945
5	5	0,000105	0,774193	0,818606	0,547945	

Δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών
 Στατιστικά αποτελέσματα για PCA

Univariate Tests of Significance for PCA (Spreadsheet66)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	117,2732	1	117,2732	139,1344	0,000000
Αντιμικροβιακό	11,6452	4	2,9113	3,4540	0,042476
Χρόνος t	60,7017	3	20,2339	24,0057	0,000023
Error	10,1145	12	0,8429		

Duncan test; variable PCA (Spreadsheet66)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,84288, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,4675	2,0400	2,5300	1,3675	3,7025
1	1		0,522799	0,925013	0,132352	0,094722
2	2	0,522799		0,486828	0,320792	0,034510
3	3	0,925013	0,486828		0,122355	0,096165
4	4	0,132352	0,320792	0,122355		0,006288
5	5	0,094722	0,034510	0,096165	0,006288	

Duncan test; variable PCA (Spreadsheet66)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,84288, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}
		0,0000	1,7660	3,2140	4,7060
1	1		0,010416	0,000253	0,000069
2	2	0,010416		0,028392	0,000449
3	3	0,000253	0,028392		0,024727
4	4	0,000069	0,000449	0,024727	

Στατιστικά αποτελέσματα για την % Απώλεια Βάρους

Univariate Tests of Significance for Απώλεια Βάρους (Spreadsh					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1047,773	1	1047,773	33332,29	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,454	4	0,114	3,61	0,037342
Χρόνος t	12,156	3	4,052	128,90	0,000000
Error	0,377	12	0,031		

Duncan test; variable Απώλεια Βάρους (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03143, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,2000	7,3825	7,4425	7,0600	7,1050
1	1		0,171282	0,089849	0,309011	0,463395
2	2	0,171282		0,640986	0,033835	0,056174
3	3	0,089849	0,640986		0,016154	0,027519
4	4	0,309011	0,033835	0,016154		0,726006
5	5	0,463395	0,056174	0,027519	0,726006	

Duncan test; variable Απώλεια Βάρους (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03143, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}
		6,3180	6,6800	7,6760	8,2780
1	1		0,007392	0,000095	0,000066
2	2	0,007392		0,000172	0,000095
3	3	0,000095	0,000172		0,000325
4	4	0,000066	0,000095	0,000325	

Στατιστικά αποτελέσματα για το pH

Univariate Tests of Significance for pH (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	930,3844	1	930,3844	47894,18	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,1898	4	0,0474	2,44	0,103607
Χρόνος t	0,0898	3	0,0299	1,54	0,254632
Error	0,2331	12	0,0194		

Στατιστικά αποτελέσματα για την τριμεθλαμίνη (TMA)

Univariate Tests of Significance for TMA (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	207,2392	1	207,2392	117,8557	0,000000
Αντιμικροβιακό	5,0304	4	1,2576	0,7152	0,597438
Χρόνος t	51,6482	3	17,2161	9,7907	0,001513
Error	21,1010	12	1,7584		

Duncan test; variable TMA (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,7584, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}
		1,1590	2,5442	3,6140	5,5588
1	1		0,124650	0,015969	0,000393
2	2	0,124650		0,226366	0,004846
3	3	0,015969	0,226366		0,038987
4	4	0,000393	0,004846	0,038987	

Στατιστικά αποτελέσματα για το TVBN

Univariate Tests of Significance for TVBN (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8236,158	1	8236,158	916,8371	0,000000
Αντιμικροβιακό	67,090	4	16,772	1,8671	0,181071
Χρόνος	769,905	3	256,635	28,5682	0,000010
Error	107,799	12	8,983		

Duncan test; variable TVBN (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,9832, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}
		12,331	18,137	21,183	29,521
1	1		0,010015	0,000797	0,000067
2	2	0,010015		0,134293	0,000168
3	3	0,000797	0,134293		0,001005
4	4	0,000067	0,000168	0,001005	

Στατιστικά αποτελέσματα για το TBA

Univariate Tests of Significance for TBA (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,000175	1	0,000175	137,2740	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,000014	4	0,000004	2,7514	0,077950
Χρόνος	0,000006	3	0,000002	1,4599	0,274708
Error	0,000015	12	0,000001		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη σκληρότητα με κοπίδι

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα με κοπίδι (Spreadsh Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	800,2339	1	800,2339	182,8526	0,000000
Αντιμικροβιακό	5,0183	4	1,2546	0,2867	0,881019
Χρόνος	42,4340	3	14,1447	3,2320	0,060764
Error	52,5166	12	4,3764		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη σκληρότητα με κύλινδρο

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα με κύλινδρο (Sprea Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	21311,99	1	21311,99	556,8097	0,000000
Αντιμικροβιακό	246,06	4	61,52	1,6072	0,235779
Χρόνος	128,06	3	42,69	1,1152	0,381333
Error	459,30	12	38,28		

Στατιστικά αποτελέσματα για την ελαστικότητα

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	42,46718	1	42,46718	7532,207	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,21744	4	0,05436	9,642	0,000996
Χρόνος	0,01370	3	0,00457	0,810	0,512571
Error	0,06766	12	0,00564		

Duncan test; variable Ελαστικότητα (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00564, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,3924	1,5373	1,6225	1,3595	1,3743
1	1		0,018472	0,001366	0,567182	0,738862
2	2	0,018472		0,134500	0,008725	0,012359
3	3	0,001366	0,134500		0,000656	0,000916
4	4	0,567182	0,008725	0,000656		0,786025
5	5	0,738862	0,012359	0,000916	0,786025	

Στατιστικά αποτελέσματα για συνεκτικότητα

Univariate Tests of Significance for Συνεκτικότητα (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14,32617	1	14,32617	430,5907	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,56744	4	0,14186	4,2638	0,022443
Χρόνος	0,26562	3	0,08854	2,6611	0,095531
Error	0,39925	12	0,03327		

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03327, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,88050	,69525	,61125	1,0048	1,0400
1	1		0,176624	0,069582	0,354573	0,262122
2	2	0,176624		0,527313	0,040720	0,028446
3	3	0,069582	0,527313		0,014710	0,010078
4	4	0,354573	0,040720	0,014710		0,789402
5	5	0,262122	0,028446	0,010078	0,789402	

Στατιστικά αποτελέσματα για το κομμιώδες

Univariate Tests of Significance for Κομμιώδες (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	15449,24	1	15449,24	296,5637	0,000000
Αντιμικροβιακό	1553,41	4	388,35	7,4548	0,002947
Χρόνος	232,50	3	77,50	1,4877	0,267652
Error	625,13	12	52,09		

Duncan test; variable Κορμιώδες (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 52,094, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		26,921	21,330	15,753	34,921	40,042
1	1		0,294862	0,058640	0,143156	0,030146
2	2	0,294862		0,296078	0,025609	0,004989
3	3	0,058640	0,296078		0,004271	0,000890
4	4	0,143156	0,025609	0,004271		0,335577
5	5	0,030146	0,004989	0,000890	0,335577	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη μασητικότητα

Univariate Tests of Significance for Μασητικότητα (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13356,23	1	13356,23	114,1003	0,000000
Αντιμικροβιακό	2928,88	4	732,22	6,2552	0,005863
Χρόνος	571,14	3	190,38	1,6264	0,235295
Error	1404,68	12	117,06		

Duncan test; variable Μασητικότητα (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 117,06, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		23,802	15,534	10,748	36,616	42,512
1	1		0,301180	0,129900	0,119922	0,037574
2	2	0,301180		0,543487	0,021711	0,006374
3	3	0,129900	0,543487		0,008227	0,002429
4	4	0,119922	0,021711	0,008227		0,455992
5	5	0,037574	0,006374	0,002429	0,455992	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη φωτεινότητα

Univariate Tests of Significance for Φωτεινότητα (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	62181,32	1	62181,32	31753,00	0,000000
Αντιμικροβιακό	39,04	4	9,76	4,98	0,013357
Χρόνος	9,63	3	3,21	1,64	0,232708
Error	23,50	12	1,96		

Duncan test; variable Φωτεινότητα (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,9583, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		56,053	53,595	56,030	57,907	55,210
1	1		0,039394	0,982349	0,085526	0,433997
2	2	0,039394		0,036591	0,001717	0,128763
3	3	0,982349	0,036591		0,095500	0,423650
4	4	0,085526	0,001717	0,095500		0,025942
5	5	0,433997	0,128763	0,423650	0,025942	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του ολικού χρώματος

Univariate Tests of Significance for ΔΕ (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	140,9805	1	140,9805	162,2816	0,000000
Αντιμικροβιακό	13,3472	4	3,3368	3,8410	0,031073
Χρόνος	47,0840	3	15,6947	18,0660	0,000096
Error	10,4249	12	0,8687		

Duncan test; variable ΔΕ (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,86874, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,7625	4,1500	2,1375	2,4825	2,7425
1	1		0,006015	0,580014	0,319213	0,192963
2	2	0,006015		0,014641	0,032396	0,054151
3	3	0,580014	0,014641		0,610338	0,399873
4	4	0,319213	0,032396	0,610338		0,700280
5	5	0,192963	0,054151	0,399873	0,700280	

Duncan test; variable ΔΕ (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,86874, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}
		0,0000	3,5340	3,6380	3,4480
1	1		0,000169	0,000137	0,000235
2	2	0,000169		0,863029	0,886564
3	3	0,000137	0,863029		0,764831
4	4	0,000235	0,886564	0,764831	

Στατιστικά αποτελέσματα για την ένταση του χρώματος

Univariate Tests of Significance for Οργανοληπτικό Χρώμα (Σ) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1248,200	1	1248,200	11521,85	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,300	4	0,075	0,69	0,611363
Χρόνος	50,200	3	16,733	154,46	0,000000
Error	1,300	12	0,108		

Duncan test; variable Οργανοληπτικό Χρώμα (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,10833, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1}	{2}	{3}	{4}
		10,000	8,8000	6,8000	6,0000
1	1		0,000245	0,000095	0,000066
2	2	0,000245		0,000172	0,000095
3	3	0,000095	0,000172		0,002491
4	4	0,000066	0,000095	0,002491	

Στατιστικά αποτελέσματα για την οργανοληπτική υφή

Univariate Tests of Significance for Οργανοληπτική Υφή (Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1232,450	1	1232,450	12324,50	0,000000
Αντιμικροβιακό	0,800	4	0,200	2,00	0,158630
Χρόνος	56,550	3	18,850	188,50	0,000000
Error	1,200	12	0,100		

Duncan test; variable Οργανοληπτική Υφή (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,10000, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1} 10,000	{2} 8,8000	{3} 7,0000	{4} 5,6000
1	1		0,000220	0,000095	0,000066
2	2	0,000220		0,000172	0,000095
3	3	0,000095	0,000172		0,000180
4	4	0,000066	0,000095	0,000180	

Στατιστικά αποτελέσματα για την ένταση του αρώματος

Univariate Tests of Significance for Ένταση αρώματος (Spreadsheet66) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	952,2000	1	952,2000	2929,846	0,000000
Αντιμικροβιακό	7,3000	4	1,8250	5,615	0,008754
Χρόνος	126,6000	3	42,2000	129,846	0,000000
Error	3,9000	12	0,3250		

Duncan test; variable Ένταση αρώματος (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,32500, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1} 6,2500	{2} 7,5000	{3} 6,5000	{4} 7,7500	{5} 6,5000
1	1		0,013475	0,546906	0,005072	0,566567
2	2	0,013475		0,035333	0,546906	0,029076
3	3	0,546906	0,035333		0,013475	1,000000
4	4	0,005072	0,546906	0,013475		0,011693
5	5	0,566567	0,029076	1,000000	0,011693	

Duncan test; variable Ένταση αρώματος (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,32500, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1} 10,000	{2} 8,4000	{3} 5,8000	{4} 3,4000
1	1		0,000949	0,000095	0,000066
2	2	0,000949		0,000178	0,000095
3	3	0,000095	0,000178		0,000187
4	4	0,000066	0,000095	0,000187	

Στατιστικά αποτελέσματα για την ένταση της αλλοίωσης

Univariate Tests of Significance for Ένταση αλλοίωσης (Spread: Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	186,0500	1	186,0500	318,9429	0,000000
Αντιμικροβιακό	12,2000	4	3,0500	5,2286	0,011302
Χρόνος	81,7500	3	27,2500	46,7143	0,000001
Error	7,0000	12	0,5833		

Duncan test; variable Ένταση αλλοίωσης (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,58333, df = 12,000						
Cell No.	Αντιμικροβιακό	{1} 4,0000	{2} 2,2500	{3} 3,5000	{4} 2,0000	{5} 3,5000
1	1		0,010540	0,395967	0,005233	0,372981
2	2	0,010540		0,039295	0,651861	0,047204
3	3	0,395967	0,039295		0,020880	1,000000
4	4	0,005233	0,651861	0,020880		0,023725
5	5	0,372981	0,047204	1,000000	0,023725	

Duncan test; variable Ένταση αλλοίωσης (Spreadsheet66) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,58333, df = 12,000					
Cell No.	Χρόνος t	{1} 1,0000	{2} 1,6000	{3} 3,4000	{4} 6,2000
1	1		0,238043	0,000512	0,000066
2	2	0,238043		0,003047	0,000095
3	3	0,000512	0,003047		0,000241
4	4	0,000066	0,000095	0,000241	