

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ IV: ΣΥΝΘΕΣΗΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΥΠΟ ΨΥΞΗ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΦΡΕΣΚΑ ΜΥΔΙΑ
ΚΑΙ ΧΤΕΝΙΑ**

ΚΟΡΔΟΡΟΥΜΠΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΤΖΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΑΘΗΝΑ, 2019**

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 ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΤΡΟΦΙΝΚΟ Α.Ε.ΒΕ. για την προμήθεια της πρώτης ύλης (μύδια και χτένια) και πιο συγκεκριμένα την Κα Δομβρίδου Έλενα.

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 2019
Κορδορούμπας Δημήτριος

Στην οικογένεια μου...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως σκοπό τη μελέτη της επίδρασης εδώδιμων επικαλύψεων με ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών στη διατήρηση μυδιών και χτενιών υπό ψύξη.

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μύδια και χτένια στα οποία είχε προηγηθεί η αφαίρεση του κελύφους τους. Οι εδώδιμες μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν ως επικαλύψεις των προς μελέτη ιχθυρών προϊόντων ήταν χιτοζάνη και πηκτίνη. Επίσης, και στις δύο επικαλύψεις ενσωματώθηκαν τα παρακάτω φυσικά αντιμικροβιακά: έλαιο ρίγανης, έλαιο λεμονιού, έλαιο μάραθου και έλαιο κορίανδρου. Τέλος, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο στη θερμοκρασία των 4 °C για 12 ημέρες.

Στα αποθηκευμένα δείγματα και των δύο ιχθυρών προϊόντων έγιναν δειγματοληψίες ανά προκαθορισμένα τακτά χρονικά διαστήματα και πραγματοποιήθηκαν μικροβιολογικές αναλύσεις, με τη μέθοδο της ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε τρυβλία με υπόστρωμα PCA (Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα). Πραγματοποιήθηκαν επίσης μετρήσεις του pH, της % απώλειας βάρους, προσδιορισμός της περιεχόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) και του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) των δειγμάτων. Επιπλέον, μελετήθηκε η εξέλιξη ως προς το χρόνο των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων, συγκεκριμένα της υφής (σκληρότητα βάσει της κοπής, σκληρότητα βάσει της συμπίεσης, ελαστικότητα, συνεκτικότητα, κομμώδες και μασητικότητα) καθώς και του χρώματος της επιφάνειας αυτών (φωτεινότητα και μεταβολή ολικού χρώματος). Με στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων εξετάστηκαν τυχόν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων είτε με διαφορετική επικαλυπτική μεμβράνη είτε με διαφορετική ενσωματούμενη στις μεμβράνες αντιμικροβιακή ουσία είτε τέλος ως προς το διαφορετικό χρόνο αποθήκευσης.

Τα αποτελέσματα για την ολική μικροβιακή χλωρίδα έδειξαν ότι η χιτοζάνη με ή χωρίς ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών λειτουργεί θετικά και παρέχει προστασία στα μύδια και στα χτένια ως προς τις μικροβιολογικές αλλοιώσεις σε σχέση με τα αντίστοιχα τυφλά δείγματα. Σε επίπεδο ποιοτικών χαρακτηριστικών η χιτοζάνη με την πηκτίνη είχαν τον ίδιο αντίκτυπο στα δείγματα, ενώ από τα φυσικά αντιμικροβιακά που εξετάστηκαν τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το φυσικό αντιμικροβιακό έλαιο κορίανδρου.

Η πηκτίνη ως επικαλυπτική μεμβράνη επέδρασε θετικά στην % απώλεια βάρους ενώ από τα φυσικά αντιμικροβιακά το έλαιο ρίγανης διατήρησε σταθερότερο το βάρος των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα για το pH έδειξαν μικρές μεταβολές του κατά την αποθήκευση των δειγμάτων. Η ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών ρίγανης και κορίανδρου στην επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης διατήρησε το pH σχεδόν σταθερό.

Η χρήση των εδώδιμων επικαλύψεων και των φυσικών αντιμικροβιακών περιόρισε 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 των ελαίων μάραθου και κορίανδρου στα μύδια, και του ελαίου λεμονιού στα χτένια, είχε ως αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση των τιμών αυτών.

Όσον αφορά τη φωτεινότητα δεν εντοπίστηκαν μεγάλες διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Η μεταβολή του ολικού χρώματος ήταν έντονη ακόμα και με την εφαρμογή των εδώδιμων επικαλύψεων.

Από τις αναλύσεις υφής στα δείγματα προέκυψε ότι τα χαρακτηριστικά της παρουσίασαν κάποιες μεταβολές. Όπως αποδείχτηκε για τα μύδια, η πηκτίνη έδωσε σταθερότητα σε ότι αφορά τη σκληρότητα των δειγμάτων, την ελαστικότητα, τη συνεκτικότητα και το κομμώδες. Για τα χτένια παρατηρήθηκε ότι υπήρξε σταθερότητα για τη σκληρότητα και την ελαστικότητα όταν αυτά επικαλύφθηκαν με χιτοζάνη. Τα ενσωματωμένα στις επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης έλαια φαίνεται να προσέδωσαν μία σταθερότητα μόνο σε ότι αφορά τη ελαστικότητα και τη συνεκτικότητα των δειγμάτων.

Τέλος, από τη συνολική αξιολόγηση των δειγμάτων μυδιών και χτενιών αποδείχτηκε ότι η επικάλυψη χιτοζάνης έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αφορά τις μεταβλητές αλλοίωσης, ενώ και οι δύο επικαλύψεις είχαν παρόμοια επίδραση σε ότι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων. Το έλαιο κορίανδρου που ενσωματώθηκε στην επικάλυψη χιτοζάνης βοήθησε στη διατήρηση των δύο ιχθυρών προϊόντων υπό ψύξη.

Λέξεις-κλειδιά: μύδια, χτένια, εδώδιμη μεμβράνη, χιτοζάνη, πηκτίνη, φυσικά αντιμικροβιακά, έλαιο κορίανδρου, αλλοίωση

ABSTRACT

This diploma thesis aimed to study the effect of some edible coatings by incorporating natural antimicrobial substances to the conservation of mussels and scallops under cooling.

The raw materials used were mussels and scallops in which the shell was removed. The edible films that coated the fish products were chitosan and pectin. Also in both coatings the following natural antimicrobials were included: oregano oil, lemon oil, fennel oil and coriander oil. Finally, the samples were stored in a refrigerator at 4 ° C for 12 days.

Stored specimens of both fish products were sampled at predetermined regular intervals and microbiological analyses were performed by the method of microorganism growth in PCA substrate (Total Microbial Flora). PH measurements, weight loss %, determination of TMA content and TVBN of the samples were also performed. In addition, the evolution in time of the qualitative characteristics of the samples, namely the texture (hardness based on cutting, compressive hardness, elasticity, consistency, gumminess and tenderness), as well as the colour of their surface (brightness and change of total colour). The statistical analysis of the measurement results examined for possible significant differences between the samples either with different coating film or with different antimicrobial or in different storage time.

Results for total microbial flora showed that chitosan with or without natural antimicrobial incorporation works positively and provides protection to mussels and scallops for microbiological spoilages relative to the corresponding blind specimens. About qualitative characteristics, chitosan with pectin had the same impact on the samples, while the natural antimicrobials who were tested for the best results gave the natural antimicrobial coriander oil.

Pectin as a coating film positively impacted on % weight loss whereas from natural antimicrobials oregano oil retained a more stable weight of the samples. The results for pH showed slight changes in the storage of the samples. Incorporation of the natural antimicrobial of oregano and coriander into the chitosan coating film kept the pH almost stable.

The use of edible coatings and natural antimicrobials has reduced the increase in trimethylamine (TMA) and TVBN. For both variables, the chitosan coating film showed the best inhibitory effect. Incorporation of fennel and coriander oil on mussels and lemon oil on scallops resulted in further values' reduction.

No differences were found between the samples in the luminance segment. The change in overall colour was felt even with the application of edible coatings.

The texture analyses in the samples revealed that its characteristics showed some changes. As demonstrated for mussels, pectin gave stability in terms of specimen hardness, elasticity, consistency and gumminess. For scallops it was observed that there was stability for hardness and elasticity when they were coated with chitosan. Embedded in the chitosan and pectin coatings seem to have provided stability only in terms of the elasticity and

consistency.

Finally, from the overall evaluation of the mussels and scallops samples it was shown that chitosan coating gave the best results in terms of the altering variables, while both of films had a similar effect on the qualitative characteristics of the samples. The coriander oil incorporated in the chitosan coating helped to the preservation of the two fish products under cooling.

Keywords: mussels, scallops, edible films, chitosan, pectin, natural antimicrobials, coriander oil, spoilage

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Συστηματική κατάταξη και Βιολογική Αξία οστρακοειδών	14
1.1 Συστηματική Κατάταξη Οργανισμών.....	14
1.2 Μαλάκια	16
1.2.1 Δίθυρα Μαλάκια	16
1.2.2 Σαλιγκάρια.....	19
1.2.3 Κεφαλόποδα.....	20
1.3 Βιολογική Αξία οστρακοειδών	20
1.4 Σύσταση οστρακοειδών	20
1.4.1 Πρωτεΐνες.....	21
1.4.2 Ελεύθερα Αμινοξέα	22
1.4.3 Λιπίδια	22
1.4.4 Χοληστερόλη και άλλες στερόλες	23
1.4.5 Υδατάνθρακες	23
1.4.6 Καροτενοειδή	23
1.4.7 Βιταμίνες	24
1.4.8 Ανόργανα Άλατα.....	24
1.4.9 Απόδοση σε βρώσιμο τμήμα.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Παράγοντες αλλοίωσης και αξιολόγηση οργανοληπτικών παραμέτρων	26
2.1 Εισαγωγή.....	26
2.2 Αλλοιώσεις αλιευμάτων	26
2.2.1 Παράγοντες αλλοίωσης	27
2.2.2 Ενδείξεις αλλοίωσης.....	29
2.3 Αξιολόγηση οργανοληπτικών παραμέτρων.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συντήρηση των αλιευμάτων	33
3.1 Εισαγωγή.....	33
3.2 Συντήρηση αλιευμάτων	33
3.2.1 Συντήρηση αλιευμάτων με ψύξη	33

3.2.2 Συντήρηση αλιευμάτων με κατάψυξη.....	37
3.2.3 Συντήρηση αλιευμάτων με κονσερβοποίηση	39
3.2.4 Συντήρηση αλιευμάτων με ξήρανση	40
3.2.5 Συντήρηση αλιευμάτων με κάπνισμα	41
3.2.6 Συντήρηση αλιευμάτων με αλάτισμα.....	42
3.2.7 Συντήρηση αλιευμάτων με μαρινάρισμα	42
3.2.8 Συντήρηση αλιευμάτων με ιονίζουσες ακτινοβολίες.....	43
3.3 Συσκευασία.....	44
3.4 Εφαρμοζόμενες τεχνολογίες συντήρησης σε μύδια και χτένια.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εδώδιμες μεμβράνες.....	47
4.1 Εισαγωγή.....	47
4.2 Απαιτήσεις από τις εδώδιμες μεμβράνες.....	48
4.3 Μέθοδοι εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών	48
4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών	49
4.5 Υλικά που χρησιμοποιούνται στις εδώδιμες μεμβράνες	50
4.5.1 Εδώδιμες μεμβράνες που βασίζονται στα λιπίδια.....	50
4.5.2 Εδώδιμες μεμβράνες που βασίζονται στις πρωτεΐνες	51
4.5.3 Εδώδιμες μεμβράνες που βασίζονται στους πολυσακχαρίτες.....	52
4.6 Παραδείγματα εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Φυσικά αντιμικροβιακά.....	57
5.1 Εισαγωγή.....	57
5.2 Φυσικά αντιμικροβιακά φυτικής προέλευσης	58
5.2.1 Φυτοαλεξίνες	59
5.2.2 Οργανικά Οξέα	59
5.2.3 Φαινολικές ενώσεις.....	60
5.2.4 Μπαχαρικά και αιθέρια έλαια	60
5.3 Σύγχρονες χρήσεις των αιθερίων ελαίων	60
5.3.1 Αιθέριο έλαιο ρίγανης	61
5.3.2 Αιθέριο έλαιο λεμονιού	62
5.3.3 Αιθέριο έλαιο Μάραθου	63
5.3.4 Αιθέριο έλαιο Κορίανδρου.....	64
5.4 Ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε εδώδιμες μεμβράνες.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	66
6.1 Σκοπός.....	66

6.2 Συσκευές, όργανα και υλικά	66
6.2.1 Υλικά	66
6.2.2 Όργανα & Συσκευές.....	67
6.3 Πειραματική διαδικασία.....	67
6.4 Παρασκευή ομάδας δειγμάτων	67
6.5 Μετρήσεις & Αναλύσεις	69
6.6 Σχεδιασμός των πειραμάτων	76
6.7 Στατιστική Επεξεργασία.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Αποτελέσματα και Συζήτηση	78
7.1 Εισαγωγή.....	78
7.2 1 ^η σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών.....	78
7.2.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις	78
7.2.2 % Απώλεια Βάρους	81
7.2.3 Αναλύσεις pH	83
7.2.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA).....	85
7.2.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN).....	87
7.2.6 Φωτεινότητα	89
7.2.7 Μεταβολή του ολικού χρώματος	91
7.2.8 Σκληρότητα βάσει της κοπής	93
7.2.9 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης	95
7.2.10 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης	97
7.2.11 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης	99
7.2.12 Κομμώδες βάσει της συμπίεσης	101
7.2.13 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης.....	103
7.2.14 Ανάλυση Κύριων συνιστωσών (PCA)	105
7.3 2 ^η σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών.....	108
7.3.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις	108
7.3.2 % Απώλεια Βάρους	110
7.3.3 Αναλύσεις pH	112
7.3.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA).....	114
7.3.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN).....	116
7.3.6 Φωτεινότητα	118

7.3.7 Μεταβολή του ολικού χρώματος	120
7.3.8 Σκληρότητα βάσει της κοπής	122
7.3.9 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης	124
7.3.10 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης	126
7.3.11 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης	128
7.3.12 Κομμώδες βάσει της συμπίεσης	130
7.3.13 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης.....	132
7.3.14 Ανάλυση κύριων συνιστωσών.....	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα & Προτάσεις για το μέλλον	137
8.1 Συμπεράσματα	137
8.2 Προτάσεις για το μέλλον	139
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	141
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	145

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μύδια και τα χτένια αποτελούν μία πολύ δυνατή πηγή πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων θρεπτικών συστατικών ενώ η περιεκτικότητά τους σε λίπη είναι χαμηλή κάτι που τα καθιστά υγιεινά σε σχέση με το κόκκινο κρέας. Ωστόσο, αυτή η πλούσια διατροφική αξία απειλείται καθώς είναι ιδιαίτερα ευαλλοίωτα προϊόντα, κάτι που περιορίζει δραματικά τη διάρκεια ζωής τους.

Οι απαιτήσεις των καταναλωτών για ασφαλή υγιεινά και με σταθερή ποιότητα τρόφιμα ολοένα και αυξάνονται, ενώ πια, ένα μεγάλο ποσοστό αποφασίζει να βάλει στην καθημερινότητά του τροφές με πλουσιότερη βιολογική αξία από το κόκκινο κρέας και τα πουλερικά. Το γεγονός αυτό έχει υποχρεώσει τη βιομηχανία τροφίμων στην εύρεση τρόπων για εξασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των θαλασσιών καθώς και στην αναζήτηση νέων μεθόδων διατήρησής τους.

Την τελευταία δεκαετία, υπάρχει έντονη κινητικότητα στην προσπάθεια εύρεσης των πρώτων υλών που θα σχηματίζουν βρώσιμες μεμβράνες, ενώ παράλληλα θα είναι δεκτικές σε φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες, έτσι ώστε να επιμηκύνουν το χρόνο ζωής των τροφίμων που θα επικαλύπτουν. Οι εδώδιμες μεμβράνες πλεονεκτούν στο γεγονός ότι παράγονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, δεν αφήνουν απόβλητα καθώς είναι πλήρως βιοδιασπώμενες ενώ μπορούν να βελτιώσουν τη θρεπτική αξία του προϊόντος.

Επίσης, η αντικατάσταση χημικών συντηρητικών με φυσικά αντιμικροβιακά ηχεί καλύτερα στα αυτιά του καταναλωτή καθώς η έννοια του «φυσικού» δεν επιτρέπει να δημιουργηθούν αμφιβολίες ότι μπορεί να υπάρξουν αρνητικές συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου.

Τέλος, συνεχείς είναι οι μελέτες που γίνονται σχετικά με τη δράση των ενσωματούμενων 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 και Βιολογική Αξία οστρακοειδών

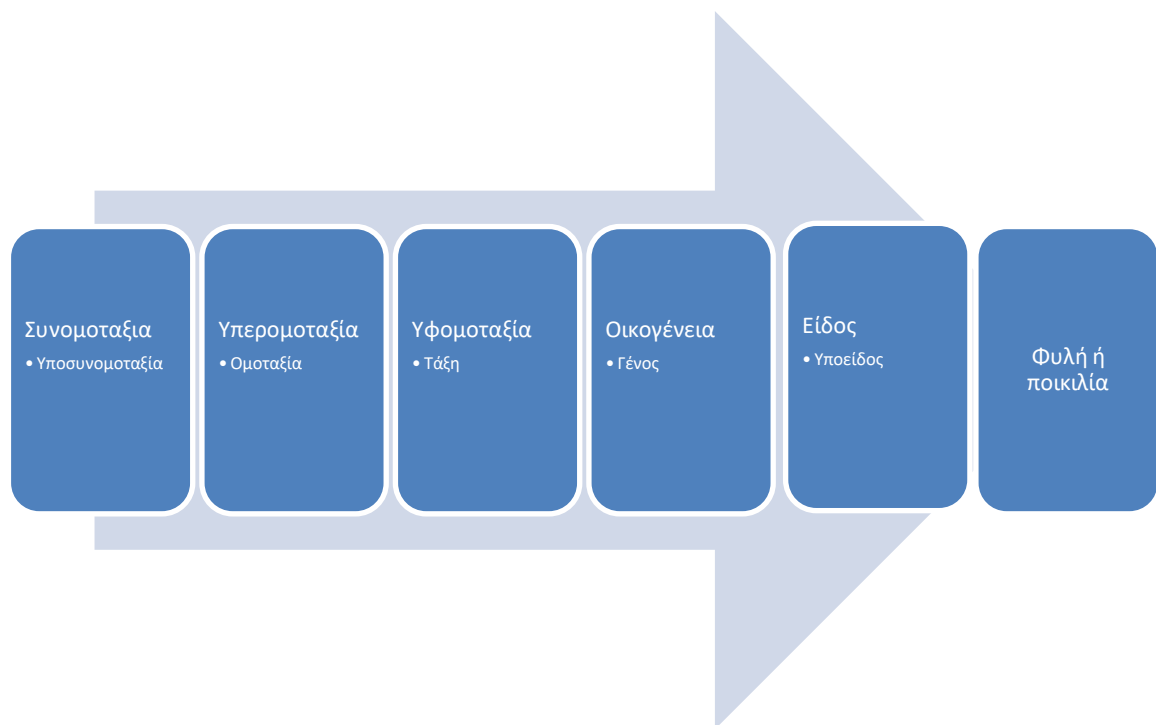
1.1 Συστηματική Κατάταξη Οργανισμών

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.

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

Ανακεφαλαιώνοντας, η διαίρεση της μεγαλύτερης ομάδας του ζωικού ή φυτικού βασιλείου, της συνομοταξίας ακολουθεί το παρακάτω σχήμα.



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. Για παράδειγμα το επιστημονικό όνομα της λιμνίσιας 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. [1]

Salmo trutta lacustris

(γένος-είδος-υποείδος)

Ζωικό Βασίλειο

Όλοι οι ζωικοί οργανισμοί ταξινομούνται στις παρακάτω 16 συνομοταξίες, με προοδευτική σειρά εξέλιξης από τις κατώτερες προς τις ανώτερες και περισσότερο εξελιγμένες μορφές ζωής.

- 1. ΠΡΩΤΟΖΩΑ:** μονοκύτταροι ζωικοί οργανισμοί, ζουν στις θάλασσες, στο γλυκό νερό και στην ξηρά όπου υπάρχει υγρασία (αμοιβάδες, τρυπανοσώματα, ακτινόζωα, περιδίνια κλπ.).
- 2. ΣΠΟΓΓΟΙ:** οι απλούστεροι πολυκύτταροι ζωικοί οργανισμοί, ζουν στις θάλασσες, μοιάζουν με φυτά και συγκροτούν κοινωνίες κολλημένα στο βυθό.
- 3. ΚΝΙΔΟΖΩΑ:** υδρόβια θαλασσινά ζώα που συναντώνται είτε στο βυθό είτε στην επιφάνεια της θάλασσας. Γνωστά και ως κοιλεντερωτά. Διακρίνονται σε α) υδρόζωα (υδρομέδουσες,φυσαλίες κλπ.) β) σκυφόζωα (μέδουσες, τσουχτρες κλπ.) γ) ανθόζωα (κοράλλια). Χαρακτηρίζονται από την παρουσία κνιδοκυττάρων ή νηματοκύστεων.
- 4. ΚΤΕΝΟΦΟΡΑ:** θαλλάσιοι ζωικοί οργανισμοί χωρίς κνιδοκύτταρα ή νηματοκύστες.
- 5. ΠΛΑΤΥΕΛΜΙΝΘΕΣ:** περιλαμβάνουν τα πλατειά σκουλήκια, με χαρακτηριστικούς εκπρόσωπους τα διάφορα είδη ταινιών, που είναι παράσιτα των θηλαστικών (ταινία ή άσπλη, ταινία ή ένοπλη, εχινόκοκκος κλπ.).
- 6. ΝΗΜΕΡΤΙΝΟΙ:** υδρόβια σκουλήκια χωρίς εξωτερικούς δακτύλιους στο σώμα τους.
- 7. ΝΗΜΑΤΕΛΜΙΝΘΕΣ:** κυλινδρικά σκουλήκια χωρίς εξωτερικούς δακτύλιους στο σώμα τους. Περιλαμβάνουν γνωστά παράσιτα του ανθρώπου.
- 8. ΑΚΑΝΘΟΚΕΦΑΛΟΙ:** παρασιτικά σκουλήκια.
Οι συνομοταξίες 5,6,7 και 8 χαρακτηρίζονται και ως σκώληκες.
- 9. ΝΗΜΑΤΟΜΟΡΦΟΙ:** υδρόβια σκουλήκια με μήκος 0,1-1,5 m και διάμετρο μόλις 0,5 mm.
- 10. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣΚΩΛΗΚΕΣ:** σκουλήκια που το σώμα τους αποτελείται από δακτύλιους ή μεταμερίδια και περιλαμβάνουν τα τυπικά σκουλήκια της θάλασσας της ξηράς και τις βδέλλες.
- 11. ΒΡΥΟΖΩΑ:** υδρόβια ζώα που συναντώνται πάνω σε βράχους, κοχύλια ή και σε πλοία και μοιάζουν με φυτά.

- 12. ΒΡΑΧΙΟΝΟΠΟΔΑ:** θαλασσινά ζώα με μαλακό σώμα που είναι κλεισμένο μέσα σε ένα δίθυρο κοχύλι από κεράτινη ουσία ή ασβεστόλιθο.
- 13. ΜΑΛΑΚΙΑ:** υδρόβια ζώα επί το πλείστον που ζουν στη θάλασσα, στα γλυκά νερά και στην υγρή ξηρά. Περιλαμβάνουν 5 ομοταξίες : Αμφίνευρα-Ελασματοβραγχιωτά-Κεφαλόποδα- Γαστερόποδα- Σκαφόποδα και αριθμούν 45.000 είδη.
- 14. ΑΘΡΟΠΟΔΑ:** η μεγαλύτερη συνομοταξία του ζωικού βασιλείου με 1.000.000 είδη εκ των οποίων το 90% είναι έντομα. Χωρίζεται στις εξής 7 συνομοταξίες: Μερόστομα- Παντόποδα- Αραχνίδια- Καρκινοειδή- Μυριάποδα- Χειλόποδα- Έντομα.
- 15. ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ:** θαλασσινά ζώα με βασικό χαρακτηριστικό την ακτινική πενταμερή συμμετρία του σώματός τους (αστερίες, αχινοί, οφίουροι, ολοθούρια κλπ.). Περιλαμβάνει 5 ομοταξίες: Κρινοειδή- Εχίνοειδή- Αστεροειδή- Οφιοουροειδή- Ολουθοροειδή.
- 16. ΧΟΡΔΩΤΑ:** Αποτελεί την τελειότερη συνομοταξία, από εξελεκτική άποψη. Περιλαμβάνει υποσυνομοταξίες: α) Χιτινόζωα, β) Κεφαλοχορδωτά ή ακράνια, και γ) Σπονδυλωτά ή σπονδυλόζωα. Τα σπονδυλωτά ή σπονδυλόζωα περιλαμβάνουν 7 ομοταξίες: Άγναθα ή Κυκλόστομα- Χονδριχθύες- Οστεϊχθύες- 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) [1]

1.2 Μαλάκια

1.2.1 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. Τα στρείδια (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 μυς καταναλώνεται, ενώ τα πτυχωτά βράγχια και το πεπτικό σύστημα αποβάλλονται. 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.

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.

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*). [1]

Μύδια

Τα μύδια ανήκουν στην οικογένεια *Mytilidae* της ομοταξίας των ελασματοβραγχιωτών ή διθυρων μαλακίων (*Lamelibranchia*) και στο γένος *Mutilus*.

Χαρακτηρίζονται από το δίθυρο όστρακό τους, που αποτελείται από δύο κόγχες ή θυρίδες, συμμετρικές και ίσες (ισόθυρες).

Οι θυρίδες ενώνονται μεταξύ τους με έναν ελαστικό συνδεσμό. Το άνοιγμα των θυρίδων ελέγχεται από τον ελαστικό σύνδεσμο και το κλείσιμό τους από δύο μύες που καλούνται προσαγωγί μύες. Σε περίπτωση κινδύνου οι προσαγωγί μύες κλείνουν τις θυρίδες ερμητικά, προστατεύοντας το σώμα του ζώου από τους εχθρούς του.

Το σώμα τους αποτελείται από το σπλαχνικό σάκο και το πόδι. Τα μύδια δεν έχουν κεφάλι, γι' αυτό λέγονται και ακεφάλια.

Ο σπλαχνικός σάκος περικλείει τα περισσότερα από τα σπλάχνα, όπως τον πεπτικό σωλήνα, την καρδιά, το συκώτι, τα νεφρά, τους γεννητικούς αδένες κλπ. Ο σπλαχνικός σάκος σκεπάζεται ολόκληρος ή κατά το μεγαλύτερό του μέρος, από μία πτυχή του δέρματος που λέγεται μανδύας. Πολυάριθμοι αδένες που βρίσκονται στο μανδύα εκκρίνουν το όστρακο του ζώου.[1]

Η καλλιέργεια μυδιών στην Ελλάδα καλύπτει 375,5 εκτάρια που βρίσκονται κυρίως στο βόρειο τμήμα της χώρας. Περίπου 523 φάρμες έχουν λάβει άδεια λειτουργίας από το 1976, εκ των οποίων 218 χρησιμοποιούν την ενιαία τεχνική επίπλευσης μακράς γραμμής για ονομαστική παραγωγική ικανότητα περίπου 100 τόνων ανά εκτάριο και περιοχή καλλιέργειας κατά μέσο όρο 1-2 εκτάρια. Η συνολική ετήσια παραγωγή αυξήθηκε σε 36.000 τόνους το 2008. Το ογδόντα τοις εκατό των εκτρεφόμενων μυδιών εξάγονται φρέσκα και άθικτα, κυρίως στην Ιταλία. Το μέλλον της βιομηχανίας εξαρτάται από την εκβιομηχάνιση των μεθόδων παραγωγής και την ανάπτυξη κλίμακας για την καταστολή του κόστους παραγωγής. [3]

Υπάρχουν πολλά είδη μυδιών με γνωστότερα τα εξής:

1. **Βρώσιμο μύδι (*mytilus edulis*):** έχει μήκος 3-8 cm δύο συμμετρικές θυρίδες, που ενώνονται προς τα πίσω από έναν ισχυρό σύνδεσμο. Οι θυρίδες ανοίγουν με τη βοήθεια δύο προσαγωγών μυών. Το χρώμα του οστράκου είναι μαύρο ή σκοτεινό μπλε στην εξωτερική πλευρά και άσπρο γαλακτώδες στο εσωτερικό του. Έχει πολύ νόστιμο κρέας.
2. **Πολίτικο ή ισπανικό μύδι (*mytilus galloprovincialis*):** έχει τα ίδια γνωρίσματα με το προηγούμενο είδος. Εσωτερικά το όστρακο είναι μαύρο γυαλιστερό, με ζωηρές μπλε ανταύγειες. Το ζώο μέσα στο κοχύλι έχει χρώμα κίτρινο. Έχει επίσης νόστιμο κρέας.
Τα δύο αυτά κυριότερα είδη βρώσιμων μυδιών διακρίνονται μεταξύ τους από τα εξής γνωρίσματα:
α) η εσωτερική επιφάνεια του κοχυλιού είναι άσπρη γαλακτώδης στο πρώτο και μαύρη γυαλιστερή, με ζωηρές ανταύγειες στο δεύτερο
β) το χρώμα του ζώου είναι γενικά άσπρο στο πρώτο και κίτρινο στο δεύτερο
γ) το σχήμα του κοχυλιού είναι πιο στενόμακρο στο πρώτο είδος, ενώ στο δεύτερο είναι πιο κοντόχοντρο, δηλαδή το πλάτος του είναι σχετικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχου του πρώτου.
3. **Χάβαρο ή ξανθό μύδι ή μούσουλο (*modiolus barbatus*):** μοιάζει πολύ με το βρώσιμο και το πολίτικο μύδι. Το όστρακό του όμως έχει χρώμα καφετί ή κοκκινωπό και επιδερμίδα τριχωτή (με μακριές τρίχες). Είναι πολύ γνωστό στις ελληνικές ακτές και στη Μεσόγειο. Το κρέας του είναι νόστιμο.
4. **Μύδι άλογο (*volSELLa modiolus*):** συναντάται στο Βορειοανατολικό Ατλαντικό. Έχει μήκος 5-15 cm χρώμα σκοτεινό γκριζόμαυρο με ορισμένα μαύρα τμήματα κατά θέσεις.
5. **Ραβδωτό μύδι (*volSELLa demissa*):** συναντάται στον Ατλαντικό από τον Καναδά μέχρι το Τέξας.
6. **Αμερικάνικο μύδι (*mytilus californicus*):** συναντάται στις ακτές του Ειρηνικού των ΗΠΑ.
7. **Μύδι του γλυκού νερού (*dreissensia polymorpha*):** έχει τριγωνικό σχήμα, καστανό χρώμα με πράσινες κηλίδες. Ζει στους λασπώδεις βυθούς των ποταμών. Το κρέας του είναι άνοστο.
8. **Πράσινο μύδι (*mytilus viridis*):** αρκετά παραγωγικό. [1]

Χτένια

Τα χτένια (γένος *Pecten*) είναι βρώσιμα ελασματοβράγχια πολύ κοινά στις ελληνικές θάλασσες, στις ακτές της Μεσογείου και του Ατλαντικού με 40 συνολικά είδη. Ανήκουν στην οικογένεια *Pectinidae* και στην τάξη *Anisomyaria*.

Οι δύο θυρίδες τους είναι διαφορετικές (ασύμμετρες), με ακτινωτά κανάλια: η δεξιά είναι κυρτή και περιέχει το ζώο, ενώ η αριστερά είναι επίπεδη ή κοίλη και χρησιμεύει για κάλυμμα. Έχουν έναν προσαγωγό μυ και έναν ελαστικό σύνδεσμο.

Τα χτένια είναι από τα λίγα ελασματοβράγχια μαλάκια που τριγυρνούν ελεύθερα στο βυθό, χωρίς να ριζώνουν, αν και έχουν βύσσο. Μετακινούνται από το ένα μέρος στο άλλο, ανοιγοκλείνοντας τις θυρίδες τους.

Έχουν πολύ νόστιμο κρέας. Είναι περιζήτητα από τους συλλέκτες για τα ωραία χρώματά τους και τα διακοσμητικά τους σχήματα.

Τα χτένια, όπως όλα τα ελασματοβράγχια, δεν έχουν κεφάλι. Έχουν μία σειρά από μικρά μάτια του μανδύα, με πράσινο μεταλλικό χρώμα, που λειτουργούν ως απλοί δέκτες του φωτός.

Τα γνωστότερα είδη χτενιών είναι:

1. **Χτένι μεγάλο (*pecten maximus*):** έχει μέγεθος 12-15 cm και έχει πολύ νόστιμο κρέας. Η μία θυρίδα είναι αβαθής και αυλακωτή, και η άλλη πολύ κυρτή με γραμμές ανάμεσα στα αυλάκια. Το βρώσιμο τμήμα καλύπτει το 1/3 του συνολικού βάρους του οστράκου.
2. **Καποσάντος ή χτένι του Αγ. Ιακώβου (*pectin jacobaeus*):** ξεχωρίζει από τα άλλα είδη χτενιών, από το γεγονός ότι το διάστημα ανάμεσα στις μεγάλες και επιμήκεις αυλακώσεις φέρει κάθετες αυλακώσεις. Η πλευρά της κάτω θυρίδας είναι ορθογώνια και δεν υπάρχουν γραμμές ανάμεσα στα αυλάκια. Το κοχύλι δεν έχει βύσσο. Το κρέας του είναι πολύ νόστιμο και έχει χρώμα ασπριδερό με μήκος 6-8 cm.
3. **Χτένι κοινό (*pecten varius*):** έχει μέγεθος 4-7cm με εύγεστο κρέας ενώ το χρώμα του είναι καφετί. Επίσης έχει αυτιά ασύμμετρα.
4. **Αμερικανικό χτένι ή μαγελάνειο χτένι (*placopecten magellanicus*):** είναι πολύ μεγάλο χτένι (13-20 cm) των βαθέων νερών του Ατλαντικού. Συναντάται από το New Jersey μέχρι και το Labrador. Το κρέας του είναι βρώσιμο και έχει χρώμα ρόδινο ανοιχτό με ένα μικρό κίτρινο τμήμα. Οι αμερικάνοι τρώνε μόνο το προσαγωγό μυ, ενώ οι ευρωπαίοι ολόκληρο το ζώο.
5. **Βασιλικό χτένι (*pecten opercularis*):** έχει διαφορετικά χρώματα (λευκό, κόκκινο, πορτοκαλί ή βιολέ) με αυτιά άνισα και μήκος 6-8 cm. Έχει σε κάθε θυρίδα 20-24 πλευρές με ελαφριά και επιμήκη γράμμωση. Συναντάται στους λασπώδεις βυθούς.
6. **Χτένι του Ατλαντικού (*aequipecten irradians*):** είναι ένα αρκετά μεγάλο χτένι που φτάνει και τα 10 cm με νόστιμο κρέας.
7. **Γιαπωνέζικο χτένι (*pectin yessoensis*):** συναντάται στις ψυχρές θάλασσες του Hokkaido και στις ακτές Mutsu. Έχει μήκος 6-8 cm και κρέας νόστιμο.
8. **Αμερικάνικο χτένι (*aequipecten gibbus*):** είναι μικρό σχετικά χτένι με μήκος 4-5 cm και χαρακτηρίζεται από χρώμα ρόδινο ή κοκκινωπό.
9. **Ισλανδικό χτένι (*pectin islandicus*):** είναι μεγάλο χτένι, 10 cm περίπου με χρώμα σταχτί και σκοτεινόχρωμους κύκλους.[1]

1.2.2 Σαλιγκάρια

Τα σαλιγκάρια είναι μονόθυρα (univalve) μαλάκια, δηλαδή έχουν ένα μοναδικό στριφογυριστό κέλυφος. Καταναλώνονται κυρίως σε Ιταλία, Γαλλία και Γερμανία. Αυτά που τρώγονται είναι σχεδόν αποκλειστικά τα μεγάλα ελικοειδή σαλιγκάρια του κήπου (*Helix pomatia*). Μερικές φορές συλλέγονται άγρια σαλιγκάρια στη Νότια ή Κεντρική Γερμανία και

στη Γαλλία, αλλά τα περισσότερα προέρχονται από κήπους εκτροφής σαλιγκαριών, όπου φύλλα λάχανου και μαρουλιού χρησιμοποιούνται ως πηγή τροφής ή από υγρά, σκιερά κελάρια όπου ως τροφή χρησιμοποιείται πιτουρο σιταριού και φυλλώδη λαχανικά (π.χ. φύλλα λάχανου). Το κρέας των σαλιγκαριών θεωρείται λιχουδιά. Καθώς η διατηρησιμότητα του κρέατος είναι πολύ περιορισμένη, τα σαλιγκάρια πωλούνται ζωντανά (με σφραγισμένο κέλυφος) ή κονσερβοποιημένα. Τα θαλλάσια σαλιγκάρια διαφόρων ειδών τηγανίζονται, μαγειρεύονται στον ατμό, ψήνονται ή μαγειρεύονται σε σούπες και θεωρούνται και αυτά λιχουδιά. [2]

1.2.3 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 Βορειοαμερικάνικο ρούιρ, το Ιαπωνικό *Polygus spp.* κλπ.). Καταναλώνονται τηγανισμένα, ψημένα, μαγειρεμένα με κρασί, μαριναρισμένα με ξύδι, μετά όμως από βράσιμο, μαγειρεμένα σε σούπες, σε σαλάτες, βραστά ή κονσερβοποιημένα. [2]

1.3 Βιολογική Αξία οστρακοειδών

Τα ψάρια και τα οστρακόδερμα (συμπεριλαμβανομένων των μαλακόστρακων και των μαλάκιων) συμβάλλουν σημαντικά στην πρόσληψη πολλών θρεπτικών συστατικών σε παγκόσμιο επίπεδο, ιδιαίτερα σε λαούς πλησίον σε παράκτιες περιοχές. Η θρεπτική σημασία των ψαριών είχε αναγνωριστεί το 2013 από τις υποεπιτροπές CoFi των Ηνωμένων Εθνών (Committee on Fisheries) για την υδατοκαλλιέργεια και το εμπόριο. Τότε ακριβώς τονίστηκε ότι χρειάζεται να συγκεντρωθούν περισσότερα δεδομένα σχετικά με τη σύνθεση των ψαριών και των οστρακοειδών.

Το 2011, η Διεύθυνση Διατροφής του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) διεξήγαγε εκτενή συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση για στοιχεία σχετικά με τη σύσταση σε θρεπτικά συστατικά των ψαριών και των οστρακοειδών για λογαριασμό του Τμήματος Στατιστικής και Πληροφοριών Αλιείας του FAO. Η έρευνα αυτή είχε ως αποτέλεσμα τη συλλογή σημαντικών αναλυτικών δεδομένων και αποκάλυψε ότι η περιγραφή των ψαριών και των οστρακοειδών που αναφέρονται από τις πηγές είναι συχνά ανεπαρκής. Για παράδειγμα, αξιόπιστα δεδομένα για βιταμίνες και ανόργανα συστατικά δεν υπάρχουν, καθώς τα περισσότερα δεδομένα που σχετίζονται με τη σύσταση αναφέρονται για τα πιο υψηλά σε προτίμηση καταναλισκόμενα είδη, ενώ από την άλλη πληροφορίες για τα ελάσσονος σημασίας είδη ήταν ελλιπή, παρ' όλο που τα τελευταία ενδεχομένως να συνεισέφεραν σημαντικά στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών συγκεκριμένων πληθυσμιακών ομάδων.

1.4 Σύσταση οστρακοειδών

Η σύσταση των οστρακοειδών, καθώς και εκείνων των ψαριών παρέχονται σε βάσεις δεδομένων. Η παγκόσμια βάση δεδομένων FAO / INFOODS περιέχει συνθέσεις από

ακατέργαστες ή μαγειρεμένες μερίδες 152 καρκινοειδών και 114 μαλάκιων (FAO / INFOODS 2016). Η βάση δεδομένων του Τμήματος Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA) περιέχει περίπου 3000 ακατέργαστα και επεξεργασμένα είδη διατροφής, συμπεριλαμβανομένων των οστρακοειδών (USDA 2012). Στοιχεία για τη σύσταση οστρακοειδών παρέχονται επιπλέον από την Εθνική Υπηρεσία Θαλάσσιας Αλιείας των ΗΠΑ (NMFS 1987), το Τμήμα Υγείας του Ηνωμένου Βασιλείου (2013) όπως και από τα Πρότυπα Τροφίμων της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας (FSANZ 2011). [4]

1.4.1 Πρωτεΐνες

Γενικά, τα οστρακοειδή έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από τα ψάρια. Σε αντίθεση με τα σπονδυλωτά, οι ακατέργαστοι μύες των οστρακοειδών, πέραν της μυοσίνης και άλλων πρωτεϊνών, περιέχουν επίσης την πρωτεΐνη παραμυοσίνη σε ποσοστό έως και 19% (w/w), που είναι πλούσια σε γλουταμινικό οξύ.

Οι αναφερόμενες μέσες περιεκτικότητες σε πρωτεΐνες (g / 100 g ακατέργαστου κρέατος) διαφόρων οστρακοειδών ποικίλλουν, όπως γίνεται αντιληπτό στον παρακάτω πίνακα. [9]

Οστρακοειδή	Μέση περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (g/100g κρέατος)
Γαρίδα	17,0-22,1
Χτένι	14,8-17,7
Καλαμάρι	13,2-19,6
Καβούρι	15,0-18,4
Αστακός	18,2-19,2
Krill	12,0-13,0
Αχιβάδα	9,0-13,0
Μύδι	12,6-13,0
Σουπιά	16,6-17,3
Στρείδι	8,9-14,3

Πιο ειδικά, παρουσιάζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε συνολική πρωτεΐνη ορισμένων μαλακίων:[1]

Είδος	Επιστημονική ονομασία	Πρωτεΐνη %
Στρείδι γαλλικό	<i>Ostrea edulis</i>	8,6-12,6
Μύδι βρώσιμο	<i>Mytilus edulis</i>	8,9-11,7
Μύδι	<i>Mytilus munahuensis</i>	11,3-19,4
Μύδι	<i>Enoplochiton niger</i>	24,7
Χτένι μεγάλο	<i>Pecten maximus</i>	17,5
Βούκινο	<i>Buccinum undatum</i>	17,5
Σαλιγκάρι Θαλασσινό	<i>Littorina littorea</i>	18,0
Καρδιά	<i>Cardium edule</i>	13,2
Καλαμάρι	<i>Loligo vulgaris</i>	14,9-19,3
Χταπόδι	<i>Octopus vulgaris</i>	17,9

1.4.2 Ελεύθερα Αμινοξέα

Τα ελεύθερα αμινοξέα (FAA) αποτελούν σημαντικό κλάσμα των μη πρωτεϊνικών αζωτούχων ενώσεων στους μυς των οστρακοειδών. Τα καρκινοειδή έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αμινοξέα σε σύγκριση με τα ψάρια. Τα αμινοξέα αλανίνη, γλουταμινικό οξύ και γλυκίνη επηρεάζουν σημαντικά τη γεύση των μαγειρεμένων οστρακοειδών. Η αλανίνη και η γλυκίνη συμβάλλουν στη γλυκιά γεύση, ενώ το γλουταμινικό οξύ στη γεύση "umami" χαρακτηριστική των καρκινοειδών. Το μύδι με χονδρό κέλυφος (*Mytilus coruscus*) έχει ως κυρίαρχο αμινοξύ τη γλυκίνη, ενώ η λυσίνη, η θρεονίνη, η φαινυλαλανίνη και η αργινίνη αποτελούν τα απαραίτητα αμινοξέα (EAs) αυτού. Όσον αφορά στο χτένι του Ατλαντικού (*pectin irradians*) κυριαρχεί το γλουταμινικό οξύ, ενώ τα απαραίτητα αμινοξέα του είναι η λευκίνη, η αργινίνη και η λυσίνη.

Πιο συγκεκριμένα για το παραπάνω χτένι παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ελεύθερα αμινοξέα: [9]

Αμινοξύ	Χτένι του Ατλαντικού (<i>pectin irradians</i>) %
Αλανίνη	-
Βαλίνη	-
Λευκίνη	8,78
Προλίνη	2,28
Ασπαραγικό οξύ	3,47
Γλουταμινικό οξύ	14,88
Φαινυλαλανίνη	4,90
Τυροσίνη	1,95
Αργινίνη	7,38
Ιστιδίνη	2,02
Λυσίνη	5,77

1.4.3 Λιπίδια

Τα είδη των μαλακόοστρακων έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια, η οποία συνήθως φτάνει μέχρι 2%(w/w). Τα λιπίδια των οστρακοειδών έχουν σημαντικές αναλογίες ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας (PUFAs). Γενικά, τα περιεχόμενα σε PUFA είναι υψηλότερα από αυτά 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.

Το μύδι (*Mytilus coruscus*) έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε PUFA από ότι σε SFA και MUFA, με τα DHA και EPA να ανέρχονται σε 12% έως 18% και 10,8% έως 14,6% των συνολικών λιπαρών οξέων αντίστοιχα. Το αμερικάνικο χτένι (*placorecten magellanicus*) έχει και αυτό αντίστοιχα υψηλότερη περιεκτικότητα σε PUFA από ότι σε SFA και MUFA των συνολικών λιπαρών οξέων, όσον αφορά όμως μετρήσεις που έγιναν στον προσαγωγό μυ του συγκεκριμένου χτενιού. Επίσης με την αύξηση του βάθους που ζει, αυτό το είδος χτενιού παρατηρούνται ανεπαίσθητες μειώσεις στα SFA και τα PUFA καθώς και αμελητέες αυξήσεις στα MUFA. [5][9]

1.4.4 Χοληστερόλη και άλλες στερόλες

Η χοληστερόλη είναι η κύρια στερόλη που υπάρχει στα οστρακοειδή, ενώ άλλες στερόλες όπως η δεσμοστερόλη, η στιγμαστερόλη, η στερόλη C-26, και η σιτοστερόλη μπορεί επίσης να υπάρχουν σε χαμηλές ποσότητες. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη είναι ανεξάρτητη από την περιεκτικότητα σε λιπαρά και είναι συγκρίσιμη τόσο σε άγρια όσο και σε καλλιεργημένα δείγματα. Τα ακατέργαστα οστρακοειδή συμπεριλαμβανομένων των μαλακίων περιέχουν χοληστερόλη έως και 19 mg% w/w στο μυϊκό τους ιστό. Τα καρκινοειδή, τα δίθυρα και τα κεφαλόποδα μπορεί να περιέχουν ολικές στερόλες από τα 150 έως 250 mg% w/w.

Η χοληστερόλη, η κυρίαρχη στερόλη που βρίσκεται στα μύδια *Mytilus galloprovincialis* κυμαίνεται σε επίπεδα από 10mg/g λιπιδίου τον Φεβρουάριο έως και 30mg/g λιπιδίου το Σεπτέμβριο, κάτι που μάλλον συμβαίνει εξαιτίας της αφθονίας του πλαγκτόν την περίοδο εκείνη. Αντίστοιχα και κάποιες άλλες στερόλες δείχνουν εποχιακά πρότυπα, παρόμοια με αυτά της χοληστερόλης, φτάνοντας τις μέγιστες τιμές τους το Δεκέμβριο. Το χτένι όπως και το στρείδι και η αχιβάδα περιέχουν μεγαλύτερο αριθμό στερολών συγκριτικά με τα υπόλοιπα θαλασσινά, ενώ όπως σε όλα τα οστρακοειδή έτσι και στο χτένι κυριαρχεί η χοληστερόλη. [6] [7] [9]

1.4.5 Υδατάνθρακες

Στα μαλάκια, οι υδατάνθρακες όπως και τα λίπη περιέχονται σε πολύ μικρή ποσότητα. Τα ελασματοβράγχια είναι πλουσιότερα από τα κεφαλόποδα (2,0-2,3% για τα πρώτα και 0,6-1,3% για τα δεύτερα). Τα μύδια περιέχουν μυτιλάνη, ένα μη ομοιοπολικό συνδεδεμένο σύμπλοκο αποτελούμενο από 95% πολυσακχαρίτη και 5% πρωτεΐνη καθώς και έναν άλλο πολυσακχαρίτη, την α (1-4) -δ-γλυκάνη. Όσον αφορά τα χτένια και πιο συγκεκριμένα το χτένι *Nodipecten subnodosus* στο οποίο έγινε έρευνα, παρατηρήθηκε ότι οι υδατάνθρακες κυμαίνονται από 27,0 mg/g ξηρού βάρους το Δεκέμβριο έως και 50,4 mg/g ξηρού βάρους τον Ιούνιο. [1] [8]

1.4.6 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή επηρεάζουν το χρώμα των οστρακόδερμων, συμπεριλαμβανομένων των 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 υδατάνθρακες είτε ξανθοφύλλες και περιλαμβάνουν 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.

Η ασταξανθίνη είναι το κύριο καροτενοειδές που βρίσκεται στο κέλυφος και το κρέας της Ινδικής γαρίδας αλλά και του κάβουρα του γλυκού νερού. Άλλα καροτενοειδή οστρακοειδών περιλαμβάνουν την κανθαξανθίνη που υπάρχει σε καραβίδες, την μυτυλοξανθίνη στα μύδια καθώς και τη μακτραξανθίνη και την κοξανθινόλη που βρίσκονται

σε αχιβάδες. Η κύρια χρωστική ουσία στους μυϊκούς ιστούς του χτενιού Yesso, ένα από τα σημαντικά εκτρεφόμενα χτένια στην Κίνα, αναγνωρίστηκε ως η πεκτενολόνη. [7]

1.4.7 Βιταμίνες

Τα οστρακοειδή περιέχουν τις περισσότερες από τις βιταμίνες και ιδιαίτερα βιταμίνη Β12. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνες μπορεί να διαφέρει σημαντικά στα καρκινοειδή. Οι ιστοί των στρειδιών, του μπλε μυδιού και της αχιβάδας είναι καλές πηγές νιασίνης και βιταμίνης Β12. Το περιεχόμενο της βιταμίνης Β12 είναι γενικά υψηλότερο στους μυς των καβουριών και των αστακών. Η γαρίδα, το μπλε μύδι, το στρείδι και το χτένι είναι καλές πηγές βιταμίνης Α. Να προστεθεί επίσης ότι στην κατηγορία των μαλακίων, τα ελασματοβράγχια (μύδια, στρείδια, χτένια κλπ.) είναι πλουσιότερα σε βιταμίνες από τα κεφαλόποδα (χταπόδια, σουπιές, καλαμάρια κλπ.). [1][4]

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με την περιεκτικότητα (μg/100g ιστού) σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β ορισμένων μαλακίων: [9]

Μαλάκιο	B1	B2	B6	B12	Φολλικό οξύ	Νιασίνη
Μύδι ^a	160	220	76	970	-	3070
Μύδι μπλε ^a	-	-	-	12	-	-
Μύδι μπλε ^b	300	400	100	24	76	3000
Χτένι ^b	100	100	100	13	29	3400

a: ακατέργαστη ωμή μερίδα

b: δείγματα μαγειρεμένα υπό υγρή θερμότητα (moist heat)

1.4.8 Ανόργανα Άλατα

Τα ακατέργαστα είδη οστρακοειδών έχουν περιεκτικότητα σε τέφρα μέχρι και 2%. Η τέφρα των οστρακοειδών περιέχει τόσο μακροστοιχεία (νάτριο [Na], κάλιο [K], ασβέστιο [Ca], φωσφόρο [P] και μαγνήσιο [Mg]) όσο και μικροστοιχεία (χρώμιο [Cr], κοβάλτιο [Co], χαλκό [Cu], φθόριο [F], βρώμιο [Br], ιώδιο [I], σίδηρο [Fe], σελήνιο [Se], ψευδάργυρο [Zn] και μαγγάνιο [Mn]). Γενικά, τα περισσότερα οστρακοειδή είναι καλές πηγές Na, K, P, Fe, Zn, Se και Cu, ενώ πιο ειδικά τα μαλάκια και τα οστρακοειδή περιέχουν αξιοσημείωτα επίπεδα Cu και Zn. [9]

Στη συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας με την περιεκτικότητα (g/100 mg) σε ανόργανα άλατα σε ορισμένα μαλάκια:[1]

Μαλάκιο	Na	K	Mg	Ca	P	Fe	Zn	Se	Cu
Μύδι	296	-	30	24	200	4,2	1,8	0,1	-
Μύδι μπλε	-	-	-	-	-	4,0	1,6	-	1,9
Μύδι <i>P. viridis</i>	180	251	-	64	102	0,9	-	-	-
Χτένι μαγειρεμένο	667	304	37	6	426	0,6	15	-	-
Χτένι ωμό	155	203	39	29	250	1,2	4,0	0,02	0,04

1.4.9 Απόδοση σε βρώσιμο τμήμα

Η απόδοση στο βρώσιμο τμήμα των μαλακίων ποικίλλει σημαντικά από είδος σε είδος, περιοχή, εποχή, ηλικία κλπ. Σε γενικές γραμμές είναι η εξής: [1]

Είδος	Απόδοση σε βρώσιμο τμήμα (% του συνολικού βάρους)
A. Ελασματοβράγχια	
Αχιβάδα Θεσσαλονίκη	22,8
Αχιβάδα Ορνιθοειδής	10,5
Μύδι πολίτικο	14,0
Στρείδι γαλλικό	10,0
Σωλήνας	47,5
Χτένι	18,0
B. Κεφαλόποδα	
Καλαμάρι κοινό	60,0
Σουπιά	44,5
Χταπόδι κοινό	91,5
Γ. Γαστερόποδα	
Σαλιγκάρι της θάλασσας	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Παράγοντες αλλοίωσης και αξιολόγηση οργανοληπτικών παραμέτρων

2.1 Εισαγωγή

Με το συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και την ανάγκη να αποθηκεύονται και να μεταφέρονται τρόφιμα από το ένα μέρος στο άλλο, η διατήρηση των τροφίμων γίνεται αναγκαία προκειμένου να αυξηθεί η διάρκεια ζωής τους, αλλά και να διατηρηθεί η θρεπτική αξία, η υφή και η γεύση τους. Ως εκ τούτου, οι αποτελεσματικές τεχνικές συντήρησης τροφίμων πρέπει να αποτρέπουν τη μικροβιακή αλλοίωση των τροφίμων χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα και η θρεπτικότητά τους.

Η αλλοίωση των ψαριών και των αλιευτικών προϊόντων εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων. Αυτοί οι παράγοντες καθώς και ο μηχανισμός της αλλοίωσης πρέπει να κατανοηθούν πλήρως πριν αναπτυχθούν κατάλληλες μέθοδοι χειρισμού και προεπεξεργασίας, αλλά και τεχνικές διατήρησης για τα τρόφιμα αυτά.

Η ποιότητα των αλιευτικών προϊόντων επηρεάζεται τόσο από εγγενείς όσο και εξωγενείς παράγοντες. Το είδος, το μέγεθος, το φύλο, η αναπαραγωγή, η παρουσία παρασίτων, οι τοξίνες, η ρύπανση από διάφορες ουσίες και οι συνθήκες καλλιέργειας είναι οι παράγοντες που ευθύνονται για τις 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.

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 δηλαδή παράγοντες αποκλειστικά επηρεαζόμενοι από τον άνθρωπο. 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 ποιότητά του. [10]

2.2 Αλλοιώσεις αλιευμάτων

Αλλοίωση ενός τροφίμου εννοείται η μείωση της ποιότητάς του όσον αφορά κυρίως τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Ως αλλοίωση θαλασσινών ορίζεται η αλλαγή στις οργανοληπτικές ιδιότητες (οπτικές, προτίμηση, μυρωδιά και σύσταση) των θαλασσινών προϊόντων που τα καθιστά ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Η αλλοίωση μπορεί να προέλθει από μικροβιακή δράση, χημικές αντιδράσεις, δράση ενδογενών ενζύμων του τροφίμου καθώς ακόμα και από προσβολή από έντομα ή τρωκτικά. Ποια όμως από αυτά θα υπερισχύσουν σε οποιαδήποτε κατάσταση αποθήκευσης για ένα δεδομένο προϊόν θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της χημικής σύνθεσης των ψαριών και των οστρακοειδών.

Σε χημικό επίπεδο, τα ψάρια και τα οστρακοειδή έχουν τέσσερις σημαντικές συνιστώσες: τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια, τους υδατάνθρακες και την υγρασία. Οι σχετικές αναλογίες από τα προαναφερθέντα, δίνουν στα ψάρια και στα οστρακοειδή τη χαρακτηριστική δομή, τη γεύση, την υφή, το χρώμα καθώς και τη θρεπτική αξία. Εκτός από αυτές τις κύριες κατηγορίες των ενώσεων, υπάρχουν βιταμίνες και άλλα δευτερεύοντα συστατικά, ορισμένα από τα οποία είναι ζωτικής σημασίας στη διαδικασία της αλλοίωσης.

Ενδεικτικά, περίπου το 30% των ψαριών χάνονται, αποκλειστικά λόγω μικροβιακής δραστηριότητας, κάτι που δείχνει την άμεση αναγκαιότητα για καταπολέμηση των αλλοιώσεων. Ένα άλλο τρομακτικό στατιστικό δεδομένο είναι ότι 4-5 εκατομμύρια τόνων αλιευμένων γαρίδων χάνονται κάθε χρόνο λόγω των ενζυμικών και μικροβιακών αλλοιώσεων, καθώς και λόγω ακατάλληλης αποθήκευσης στο χώρο.

Μόλις πεθαίνει ένα ζώο, η άμυνα του σώματός του σταματά να λειτουργεί, και στην περίπτωση των ψαριών, έρευνες έδειξαν ότι οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στα βράγχια, το έντερο και το δέρμα, σε συνδυασμό με τις δραστηριότητες των ενδογενών ενζύμων, αρχίζουν να μεταβολίζουν τα παραπάνω, με αποτέλεσμα αλλαγές στην υφή, αποχρωματισμούς και άλλες αλλαγές που είναι χαρακτηριστικές της αλλοίωσης των ψαριών. Αξίζει να αναφερθεί ότι, ενώ τα περισσότερα ψάρια και τα είδη καρκινοειδών δεν περιέχουν σχεδόν καθόλου υδατάνθρακες, κάτι τέτοιο δεν ισχύει στην περίπτωση των δίθυρων μαλακίων τα οποία έχουν υψηλότερα επίπεδα υδατανθράκων και χαμηλότερα επίπεδα αζώτου στη σάρκα τους. Ως εκ τούτου, ο κυρίαρχος μηχανισμός αλλοίωσης που συναντάται στους δίθυρους μύες διαφέρει από τους αντίστοιχους μηχανισμούς σε ψάρια και καρκινοειδή. Γενικά, οι μηχανισμοί αλλοίωσης των ψαριών και οστρακοειδών μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριους τύπους: μικροβιακή, ενζυμική και χημική. [10],[11],[12],[13]

2.2.1 Παράγοντες αλλοίωσης

Προκειμένου να επεκταθεί ο χρόνος ζωής των αλιευμάτων είναι σημαντικό να εκτιμήσει κανείς τις αιτίες των αλλοιώσεων που οδηγούν στην οργανοληπτική απόρριψή τους. Οι αλλοιώσεις των αλιευμάτων πραγματοποιούνται κυρίως λόγω της μικροβιολογικής ανάπτυξης. Τα νωπά αλιεύματα είναι εξαιρετικά ευαλλοίωτα 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. [11]

Η αλλοίωση των αλιευμάτων οφείλεται σε τρεις βασικούς μηχανισμούς: την ενζυμική αυτόλυση, την οξείδωση και τη μικροβιακή ανάπτυξη.

Ενζυμική αυτόλυση

Αμέσως μετά την αλίευση, χημικές και βιολογικές αλλαγές πραγματοποιούνται στα νεκρά ψάρια λόγω της ενζυμικής διάσπασης σημαντικών μορίων τους. Η ενζυμική αυτόλυση μειώνει την ποιότητα σε επίπεδο υφής κατά τα αρχικά στάδια της, αλλά δεν παράγει τις χαρακτηριστικές αλλοιώσεις της οσμής και του αρώματος. Αυτό δείχνει ότι η αυτολυτική αποικοδόμηση μπορεί να περιορίσει τη διάρκεια ζωής και την ποιότητα του προϊόντος ακόμη και για οργανισμούς με σχετικά χαμηλά επίπεδα αλλοίωσης. Το συγκεκριμένο είδος αλλοίωσης έχει μεγαλύτερη επίδραση στην παράμετρο της υφής. Τα πεπτικά ένζυμα προκαλούν εκτεταμένη αυτόλυση η οποία έχει ως αποτέλεσμα το μαλάκωμα του κρέατος, τη ρήξη του τοιχώματος της κοιλίας καθώς και την αποστράγγιση του αίματος το οποίο περιέχει πρωτεΐνη και έλαιο.

Ένας σημαντικός αριθμός πρωτεολυτικών ενζύμων βρίσκεται στους μύες και στα σπλάχνα των ψαριών μετά την αλίευση. Αυτά τα ένζυμα συμβάλλουν στη μεταθανάτια υποβάθμιση των μυών των ψαριών καθώς και των προϊόντων ψαριών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της επεξεργασίας τους. Κατά την ακατάλληλη αποθήκευση αλιευμάτων, η πρωτεόλυση είναι υπεύθυνη για την υποβάθμιση των πρωτεϊνών. Από την άλλη πλευρά, πεπτιδία και ελεύθερα αμινοξέα μπορούν να παραχθούν ως αποτέλεσμα αυτόλυσης των πρωτεϊνών που βρίσκονται στους μύες των ψαριών, κάτι το οποίο οδηγεί στην αλλοίωση του κρέατος των ιχθυρών λόγω ανάπτυξης μικροβιακού φορτίου και την παραγωγή

βιογενών αμινών. Οι πρωτεάσες έχουν βέλτιστο pH σε εύρος που κυμαίνεται από το αλκαλικό έως το ουδέτερο. Έχει επίσης αναφερθεί ότι ο ρυθμός αποικοδόμησης από τα πρωτεολυτικά ένζυμα μειώθηκε, όταν τα αλιεύματα διατηρούνταν στους 0 °C και σε pH=5. [10]

Οξείδωση των λιπών

Η οξείδωση των λιπιδίων είναι η κύρια αιτία υποβάθμισης και αλλοίωσης για τα πελαγικά είδη ψαριών όπως το σκουμπρί και η ρέγγα τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε έλαιο/λίπος αποθηκευμένο στη σάρκα τους. Η οξείδωση των λιπών περιλαμβάνει το μηχανισμό ελεύθερων ριζών αποτελούμενο από 3 στάδια: την έναρξη, τη διάδοση και τον τερματισμό. Η έναρξη περιλαμβάνει το σχηματισμό των ελεύθερων ριζών των λιπιδίων μέσω καταλυτών όπως θερμότητα, μεταλλικά ιόντα και ακτινοβολία. Οι ελεύθερες ρίζες αντιδρούν με οξυγόνο για να σχηματίσουν ρίζες υπεροξειδίου. Κατά τη διάδοση, οι ρίζες υπεροξειδίου αντιδρούν με άλλα μόρια λιπιδίων που σχηματίζουν υδροϋπεροξειδία και μία νέα ελεύθερη ρίζα. Ο τερματισμός λαμβάνει χώρα όταν η συσσώρευση αυτών των ελεύθερων ριζών αλληλεπιδρούν, ώστε να σχηματίσουν μη οριζόντια προϊόντα. Η οξείδωση περιλαμβάνει τυπικά την αντίδραση του οξυγόνου με τους διπλούς δεσμούς των λιπαρών οξέων. Ως εκ τούτου, τα λιπίδια ψαριών που αποτελούνται από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην οξείδωση.

Στα ψάρια, η οξείδωση των λιπιδίων μπορεί να συμβεί ενζυμικά ή μη ενζυμικά. Η ενζυμική υδρόλυση των λιπών η οποία καταλύεται από τις λιπάσες ονομάζεται λιπόλυση (υποβάθμιση λίπους). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, οι λιπάσες διασπούν τα γλυκερίδια σχηματίζοντας ελεύθερα λιπαρά οξέα τα οποία είναι υπεύθυνα για: α) τις αλλοιώσεις του αρώματος, συχνά αναφέρεται ως τάγγισμα και (β) τη μείωση της ποιότητας του λίπους. Τα εμπλεκόμενα ένζυμα είναι οι λιπάσες στο δέρμα, στο αίμα και στους ιστούς. Τα κύρια ένζυμα στην υδρόλυση λιπιδίων ψαριών είναι η τριακυλο-λιπάση, η φωσφολιπάση A2 και η φωσφολιπάση B.

Η μη ενζυμική οξείδωση προκαλείται από την κατάλυση των ενώσεων της αιματίνης (αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη και κυτόχρωμα) που παράγει υδροϋπεροξειδία. Τα λιπαρά οξέα που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης των λιπιδίων των ψαριών αλληλεπιδρούν με τις σαρκοπλασμικές και τις μυοϊνικές πρωτεΐνες που προκαλούν μετουσίωση. [10]

Μικροβιακή ανάπτυξη

Σημαντικοί παράγοντες υποβάθμισης με επιπτώσεις στη σύσταση, το χρώμα και τη γεύση των θαλασσινών, όπως αναφέρθηκε πέρα από τις αυτολυτικές διεργασίες, τον πολυμερισμό, και τις βιοχημικές αντιδράσεις αποτελεί η μικροβιακή αλλοίωση. 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 υποβάθμισης φαίνεται να ποικίλουν ανάλογα με το είδος, τη μέθοδο σύλληψης και κυρίως, από την επεξεργασία και τη θερμοκρασία αποθήκευσης του προϊόντος. [14]

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

- Θερμοκρασία, a_w , 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 [14]

2.2.2 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 τα 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 ελασμοβραχίων όπως οι καρχαρίες, η αμμωνία που παράγεται από τη δράση ενδογενούς ενζυμικής ουρεάσης στην ουρία επηρεάζει τη γεύση. Ομοίως, ο ταχύς σχηματισμός αμμωνίας στις γαρίδες σχετίζεται με τη δραστικότητα της αδενοσίνης απομινάσης επί των νουκλεοτιδίων, τον καταλυόμενο από αργινάση σχηματισμό ουρίας και τη μετατροπή της σε αμμωνία. [15],[18]

Αλλαγές στην υφή

Η υφή είναι μία σημαντική παράμετρος της ποιότητας των μυϊκών τροφίμων 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. Το μαλάκωμα της σάρκας συνδέεται με την απελευθέρωση της α -ακτινίνης, την καταστροφή και τη γενική μετουσίωση του συνδετικού ιστού. Μυϊκές πρωτεάσες συμμετέχουν στην αποσκήρυνση του ιστού των ψαριών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Το μαλάκωμα

των ιστών των κεφαλόποδων κατά τη διάρκεια της ψυχρής αποθήκευσης αποτελεί μείζον πρόβλημα. [15],[18]

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 καρροτενοειδών 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 καρροτενοειδή προστίθενται στα ιχθυρά για τη βελτίωση της εμφάνισής τους. Η εξασθένιση του καρροτενοειδούς 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 καρροτενοειδή για να σχηματίσουν υδροϋπεροξειδία λιπιδίων και (iii) της ενεργότητας των ενζύμων. Οι δραστηριότητες των ενζύμων που εμπλέκονται στην οξειδωση των καρροτενοειδών επηρεάζονται από το υπεροξείδιο 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. [15],[18]

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 δραστικές και υφίστανται μη-ενζυμική οξειδωση και πολυμερισμό που προκαλούν σκουρόχρωμες χρωστικές με υψηλό μοριακό βάρος. Η PPO βρίσκεται κυρίως στο κέλυφος του κεφαλοθάλαμου 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 εμφάνιση των φρέσκων οστρακοειδών σε υδατικό διάλυμα όξινου θεικού 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 σε κλινικές μελέτες όσο και από 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. [15],[18]

2.3 Αξιολόγηση οργανοληπτικών παραμέτρων

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη βρωσιμότητα των ελασματοβραγχίων (στρείδια, μύδια, χτένια, φρούτα της θάλασσας κλπ.) είναι η ζωτικότητα, δηλαδή να είναι ζωντανά. Αυτό συμβαίνει όταν το κοχύλι είναι ερμητικά κλειστό, το δε άνοιγμά του είναι εξαιρετικά δύσκολο. Στο εσωτερικό τους πρέπει να περιέχουν μία σχετική ποσότητα καθαρού, και ευχάριστης οσμής θαλασσινού νερού. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα αυτή του νερού, τόσο φρεσκότερο είναι το ελασματοβράγχιο. Το ζώο είναι προσκολλημένο πάνω στη μία θυρίδα του κοχυλιού, και αντιδρά με οποιοδήποτε τρόπο στους ερεθισμούς.

Τα νεκρά ή σε κατάσταση σήψης ελασματοβράγχια, παρουσιάζουν κατά πρώτο λόγο ανοικτές τις δύο θυρίδες του κοχυλιού (λόγω του θανάτου του ζώου και της παύσης της λειτουργίας των προσαγωγών μυών των θυρίδων του κοχυλιού). Η εξωτερική επιφάνεια του κοχυλιού είναι ξεθωριασμένη και ξηρή, ενώ στο εσωτερικό το ζώο είναι πλαδαρό, μαλακό και ξηρό, αποσπάται δε εύκολα από το κοχύλι. Εάν βρίσκεται σε κατάσταση σήψης παρουσιάζει χρώμα κίτρινο ωχρό ή γκριζο υποπράσινο, ανάλογα με το είδος, που οφείλεται στην αλλοίωση του πεπτικού συστήματος. Σε ακόμη πιο προχωρημένο στάδιο σήψης εμφανίζεται στην περιφέρεια του εσωτερικού τμήματος του κοχυλιού ένας μαύρος δακτύλιος. Να σημειωθεί ότι τα ελασματοβράγχια που βρίσκονται σε κατάσταση αλλοίωσης δεν αποδίδουν τη χαρακτηριστική τους ευχάριστη οσμή και πολλές φορές παρουσιάζουν οσμή δυσάρεστη φωσφορικού οξέος. [1]

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων οστρακοειδών (μύδια, στρείδια, χτένια) όπως καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία είναι τα εξής:

Εφόσον τα οστρακοειδή πωλούνται με το κέλυφος, πρέπει να είναι ζωντανά. Αυτό διαπιστώνεται παρατηρώντας τα πιο κάτω χαρακτηριστικά :

Κελύφη:Κλειστά που δύσκολα χωρίζουν μεταξύ τους απαλλαγμένα από ακαθαρσίες. Αντιδρούν δεόντως στην επίκρουση. Εάν το κέλυφος παραμείνει λίγο ανοικτό και συμπιεστεί με τα δάχτυλα τότε κλείνει ερμητικά.

Περιεχόμενο/ Ενδοθυρικόυγρό:Υγρό, καθαρό, άοσμο και φυσιολογικής ποσότητας.

Σάρκα:Γερά προσκολλημένη στο κέλυφος και υγρή με το φυσιολογικό για το είδος χρώμα. Για να επιβεβαιωθεί ότι το οστρακοειδές ζει μπορεί να παρακεντηθεί ο μανδύας του με καρφίδα οπότε η σάρκα συμπύσσεται.

Καρδιά:Πάλλεται κυρίως στα μύδια, όταν αφαιρεθεί προσεκτικά τμήμα του αντίστοιχου κελύφους. [19]

Ενδεικτικά ακολουθεί πίνακας για τα μύδια *Mytilus galloprovincialis* σε ψύξη 4°C μέχρι και 4 ημέρες που αξιολογεί διάφορες οργανοληπτικές παραμέτρους προσδίδοντάς τους κάποια χαρακτηριστικά: [16]

Παράμετρος	Επιπλέον κατηγορία 9≥E≥8	A' κατηγορία 8>A≥6	B' κατηγορία 6>B>4	Γ' κατηγορία 4≥Γ
Εμφάνιση	λείο	υγρό	λιγότερο υγρό	«ανιαρό»
Οσμή	χαρακτηριστικά γλυκιά και φρέσκια	αδιευκρίνιστα ελαφρώς γλυκιά	κοντά στην αμμωνία	αμμωνία
Χρώμα	φωτεινό	«πορτοκαλίζει»	αδιαφανές	αποχρωματισμένο γκρι
Υφή	πολύ σφιχτό	σφιχτό	ελαφρώς σφιχτό	μαλακό

Αντίστοιχα παρατίθεται πίνακας για τα χτένια *Pecten maximus* σε ψύξη 4°C μέχρι και 7 ημέρες που αξιολογεί κάποιες οργανοληπτικές παραμέτρους με διαφορετικό τρόπο εισάγοντας τον όρο “σημεία ανεπάρκειας”:[17]

Παράμετρος	Χαρακτηριστικό	Σημεία ανεπάρκειας
Εμφάνιση	Λευκό	0
	Υπόλευκο	1
	Γκρι	2
	Μπεζ	3
	Κίτρινο	4
Οσμή	Οσμή θάλασσας	0
	Γλυκιά	1
	Άοσμη	2
	Μεταλλική	3
	Στυφή	4
	Σάπια	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συντήρηση των αλιευμάτων

3.1 Εισαγωγή

Μία από τις σημαντικότερες προόδους στην ανθρώπινη ιστορία είναι η δυνατότητα συντήρησης της τροφής. Προαπαιτούμενο αυτού ήταν η απόφαση του ανθρώπου να εγκατασταθεί σε ένα μέρος, εγκαταλείποντας τη νομαδική ζωή καθώς και το δίχως τέλος κυνήγι για φρέσκια τροφή. Οι πρώτες μέθοδοι συντήρησης που αναπτύχθηκαν ήταν η ξήρανση, το κάπνισμα, η ψύξη και η θέρμανση. Η έρευνα του Pasteur το 19^ο αιώνα κατέστησε δυνατή την κατανόηση της λειτουργίας διάφορων τεχνικών συντήρησης των τροφών παρέχοντας έτσι τη βάση για πιο συστηματικό έλεγχο.

Η χρήση διάφορων συστατικών όπως το αλάτι και τα μπαχαρικά για συντήρηση της τροφής γινόταν στα αρχαία χρόνια. Δυστυχώς, η σταδιακή χρήση ενός ευρύτερου φάσματος χημικών όπως το βόριο και η κουμαρίνη οδήγησε κάποιες φορές σε κακά αποτελέσματα. Οι καταναλωτές έχουν αναπτύξει κάποια καχυποψία όσον αφορά στη χρήση χημικών προσθέτων και μάλιστα δικαιολογημένα όπως στις περιπτώσεις των αντιβιοτικών και της εξαμεθυλενοτετραμίνης (η οποία κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης μετατρέπεται σε φορμαλδεΰδη).

Οι καταναλωτές έχουν λιγότερες επιφυλάξεις σχετικά με τις φυσικές μεθόδους, παρόλο που το κάπνισμα, ένας από τους παλαιότερους τρόπους συντήρησης, θεωρείται καρκινογόνος. Μία άλλη πιο πρόσφατη φυσική μέθοδος, η οποία βρίσκεται υπό συζήτηση είναι η χρήση ακτινοβολιών. Πολλοί έχουν αποδείξει ότι είναι ασφαλείς και έχουν εγκριθεί για χρήση σε τρόφιμα που παρασκευάζονται σε αρκετές χώρες, π.χ. στις ΗΠΑ, καθώς αποδείχτηκε ότι είναι ο τρόπος να θανατώσουν τη σαλμονέλα και άλλα παθογόνα βακτήρια. Ωστόσο, η ακτινοβολήση των τροφίμων δεν χρησιμοποιήθηκε στην πράξη στην Ευρώπη λόγω της συνεχιζόμενης ανησυχίας των καταναλωτών σχετικά με την ασφάλεια της μεθόδου. Πρόσφατες συζητήσεις για τις τεχνικές συντηρήσης επικεντρώνονται στη διατήρηση της τροφής με τρόπο που να εξασφαλίζει τόσο την ασφάλεια του καταναλωτή αλλά και να διατηρεί τις θρεπτικές και οργανοληπτικές ιδιότητες που υπάρχουν στα ωμά και στα φρέσκα τρόφιμα. [20]

3.2 Συντήρηση αλιευμάτων

3.2.1 Συντήρηση αλιευμάτων με 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.

Λαμβάνοντας 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.

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.

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.

Όταν το αρχικό μικροβιακό φορτίο των ψαριών είναι υψηλό, τότε παρά την εφαρμογή της ψύξης, η διάρκεια της διατήρησης των προϊόντων περιορίζεται σημαντικά. Από το γεγονός αυτό προκύπτει η ανάγκη της άμεσης και ταχείας ψύξης των αλιευμάτων αμέσως μετά την αλίευσή τους. [1]

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 2 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 επακριβώς, γιατί οι συνθήκες της ψύξης και οι κίνδυνοι των μολύνσεων δεν είναι οι ίδιοι.

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:

1. Το βαθμό τεμαχισμού του πάγου.
2. Τη διανομή του γύρω από τα αλιεύματα.
3. 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.

Ο πάγος πρέπει να τήκεται μόνο όταν:

1. Εξασφαλίζονται άριστες ανταλλαγές θερμότητας, με αποτέλεσμα η ψύξη να είναι ταχεία, σχεδόν ακαριαία.
2. Τα νερά από την τήξη του πάγου απομακρύνουν το αίμα, τις ξένες ύλες και τα μικρόβια που υπάρχουν στην εξωτερική επιφάνεια των ψαριών.
3. 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:

1. **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.
2. **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 οξειδιο της τριμεθυλαμίνης, η κρεατίνη, η ταυρίνη, η γλυκόζη και άλλα συστατικά παρασύρονται και απομακρύνονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό.

Έρευνες απέδειξαν ότι 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. [1]

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.

Για την εφαρμογή της υδρόψυξης χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι:

1. **Εμβάπτιση** των συσκευασμένων ή μη τροφίμων μέσα σε μία δεξαμενή στην οποία υπάρχει ψυχρό νερό.
2. **Καταιονισμός** των συσκευασμένων ή μη τροφίμων με ψυχρό νερό με τη βοήθεια ειδικών εκτοξευτήρων.

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. [1]

Ψύξη με ψυχρό θαλασσινό νερό

Πραγματοποιείται με την τοποθέτηση των αλιευμάτων μέσα σε ψυχρό θαλασσινό νερό θερμοκρασίας -1 °C έως 0 °C.

Η ψύξη με ψυχρό θαλασσινό νερό πραγματοποιείται συνήθως πάνω σε αλιευτικό σκάφος και σε ειδικές δεξαμενές, που το πάνω τους μέρος βρίσκεται στο επίπεδο του καταστρώματος.

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. 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. [1]

Ψύξη με ψυχρή άλμη

Πραγματοποιείται με εμβάπτιση των αλιευμάτων σε άλμη πυκνότητας 5-15% και θερμοκρασίας πολύ κοντά στους -1°C.

Για την αποφυγή της απορρόφησης αισθητής ποσότητας άλατος από μέρους των αλιευμάτων, συνιστάται η πυκνότητα της άλμης να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα (4% ή 5%). Σε αυτές τις συνθήκες η απορρόφηση είναι μικρότερη τους 1%.

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. [1]

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%.

Υπάρχουν 2 συστήματα ψύξης του θαλάμου με ψυχρό αέρα:

1. Φυσικής κυκλοφορίας και
2. Βεβιασμένης κυκλοφορίας

Στο πρώτο σύστημα ο αέρας ψύχεται με φυσική κυκλοφορία από τις σωληνώσεις μέσα στις οποίες κυκλοφορεί το ψυκτικό υγρό.

Στο δεύτερο σύστημα, ο αέρας αναγκάζεται να περάσει βίαια μέσα από ένα πυκνό σύστημα σωληνώσεων όπου ψύχεται, και στη συνέχεια αποστέλλεται στους χώρους του θαλάμου.

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, ιδιαίτερα στο σύστημα της βεβιασμένης κυκλοφορίας, επιταχύνει σημαντικά την οξείδωση των λιπών των αλιευμάτων (τάγγισμα), συνθήκη η οποία πρέπει να αποφεύγεται οπωσδήποτε.

Από τα θετικά της ψύξης με ψυχρό αέρα είναι ότι δεν προκαλεί καμία μηχανική ή χημική αλλοίωση στα αλιεύματα. [1]

Υπέρψυξη

Η υπέρψυξη είναι μία νεότερη μέθοδος διατήρησης των αλιευμάτων σε θερμοκρασία $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ο καθορισμός του ορίου της θερμοκρασίας πρέπει να είναι πολύ αυστηρός. Στους $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, έχει ήδη κρυσταλλώσει 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. [1]

3.2.2 Συντήρηση αλιευμάτων με κατάψυξη

Η κατάψυξη ως μέθοδος συντήρησης αλιευμάτων δεν εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχουν απώλειες αμινοξέων. Ωστόσο, είναι βέβαιο ότι εμποδίζει τις φυσικές και βιοχημικές αντιδράσεις οι οποίες ευθύνονται για την αλλοίωση των τροφίμων. Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης επιβιώνουν αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί κάτι που εξαρτάται από το είδος των συγκεκριμένων μικροοργανισμών, το είδος των ψαριών, τις μεθόδους αλίευσης καθώς και τις διαδικασίες αποθήκευσης στο αλιευτικό σκάφος.

Ο πιο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα των κατεψυγμένων ψαριών είναι ο ρυθμός κατάψυξης (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 κυττάρων 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 σπογγώδης που επηρεάζει σοβαρά την ποιότητα των ψαριών.

Οι ενζυμικές αντιδράσεις μπορεί να συνεχιστούν ακόμη και σε θερμοκρασία $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 .

Η κατάψυξη των ψαριών επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων κατάψυξης. Οι πιο σημαντικές είναι ο ψεκάσμος 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: [21]

Μέθοδοι κατάψυξης	Περιγραφή μεθόδου	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ψεκάσμος 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 μολύνει το τρόφιμο.
Κατάψυξη με υγρό άζωτο	Χρήση υγρού αζώτου στους $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ για ψεκάσμο 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

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 .

Κατά την αποθήκευση μυδιών, χτενιών 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.

Πιο συγκεκριμένα, σε έρευνα που έγινε σε N. Zealand Green Lipped mussel παρατηρήθηκε μείωση των συνολικών λιπιδίων σε κατεψυγμένο δείγμα σε σχέση με δείγμα που είχε ξηραθεί υπό ψύξη. Όσον αφορά τα λιπαρά οξέα και τις στερόλες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Για το χτένι *Patinopectin yessoensis* δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές βιοχημικές αλλαγές με πιο αξιοπρόσεκτο το γεγονός ότι ένα μήνα μετά το θάνατο και την κατάψυξη του χτενιού πολύ μικρές αλλαγές υπήρξαν στην περιεχόμενη ποσότητα του ATP και των σχετικών του ουσιών. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και για το χτένι *Chlamys tehuacana* με αμελητέες μεταβολές τόσο για το ATP όσο και για την υποξανθίνη. [22],[23],[24],[25]

3.2.3 Συντήρηση αλιευμάτων με κονσερβοποίηση

Η θερμότητα ασκεί μία 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.

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.

Εφαρμογή κονσερβοποίησης στα μύδια

Για την κονσερβοποίηση στην περίοδο που δεν αλιεύονται τα μύδια (από μέσα Μαρτίου μέχρι μέσα Ιουλίου), σε προηγμένες βιομηχανίες χρησιμοποιούνται και κατεψυγμένα μύδια. Για το σκοπό αυτό τα μύδια καθαρίζονται (αφαιρείται το κέλυφος) πλένονται καλά και καταψύχονται σε άλμη 1,5%. Διατηρούνται στους -30 °C σε άριστη κατάσταση.

Η τεχνολογία τους περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. **Έλεγχο της πρώτης ύλης:** Ελέγχεται η νωπότητα, το μέγεθος, το είδος και γενικά η καταλληλότητά τους για κονσερβοποίηση.
2. **Πλύσιμο:** Είναι έντονο και επιμελημένο, με καθαρό θαλασσινό νερό, για την απομάκρυνση της άμμου που πάντα περιέχουν τα μύδια.
3. **Διαχωρισμό των μυδιών-Ταξινόμηση:** Τα μύδια σε μεγάλο ποσοστό εμφανίζουν συσσωματώματα (πολλά κολλημένα μεταξύ τους). Στην συνέχεια ταξινομούνται κατά μέγεθος, για την παραγωγή ομοιόμορφων και καλής ποιότητας προϊόντων.
4. **Άτμηση:** Τα μύδια στη συνέχεια υφίστανται την επίδραση του ατμού θερμοκρασία 110 °C για τη διευκόλυνση της αφαίρεσης του οστράκου.
5. **Παραλαβή του κρέατος:** Η αφαίρεση του κελύφους και η παραλαβή του κρέατος γίνεται με τα χέρια, με τη βοήθεια ειδικών μαχαιριών.
6. **Άλμηση:** Τα καθαρισμένα μύδια τοποθετούνται σε ελαφρά άλμη (5-6%) επί 20 min, για την αύξηση της συνεκτικότητας του κρέατος, τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων και την αφαίρεση τυχόν κόκκων άμμου.

7. **Κάπνισμα (στην περίπτωση καπνιστών μυδιών):** Εκτελείται στις περιπτώσεις παραγωγής καπνιστών μυδιών σε λάδι.
8. **Πλήρωση των δοχείων/Προσθήκη του υγρού πλήρωσης:** Τα δοχεία γεμίζουν με μεγάλη προσοχή και επιμέλεια. Προστίθεται το υγρό πλήρωσης (ελαφρά άλμη 2-3% με μικρή ποσότητα κιτρικού οξέος μέχρι τιμής pH=5.0)
9. **Απαερισμός:** Πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων. Η διαδικασία αυτή συμβάλλει στην παραγωγή προϊόντων ποιότητας, με μεγάλη διάρκεια διατήρησης.
10. **Σφράγιση των δοχείων/Πλύσιμο των δοχείων με απορρυπαντικά διαλύματα:** Τα δοχεία σφραγίζονται ερμητικά με τη βοήθεια αυτόματων κλειστικών μηχανημάτων. Το πλύσιμο δοχείων με απορρυπαντικά διαλύματα είναι απαραίτητο μόνο στους τύπους με λάδι και σάλτσα.
11. **Αποστείρωση:** Πραγματοποιείται αποστείρωση στους 116 °C και ο χρόνος εξαρτάται από το μέγεθος του δοχείου και το υγρό πλήρωσης.
12. **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.
13. **Ετικετάριασμα ή περιτύλιγμα/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: Μία σοβαρή αλλοίωση των κονσερβών μυδιών είναι ο έντονος πράσινος χρωματισμός του κρέατος που τα καθιστά μη εμπορεύσιμα.

Εφαρμογή κονσερβοποίησης στα χτένια

Η τεχνολογία κονσερβοποίησης των χτενιών είναι ακριβώς ίδια με τα μύδια. [1]

3.2.4 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 κάθε αυτή 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 χειρωνακτική εργασία, τα προϊόντα καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο και η μεταφορά τους γίνεται οικονομικότερη.

Τα είδη της ξήρανσης 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. [1]

3.2.5 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 προσιονικό οξύ, ακετόνη, κρεζόλη, ξυλένιο, γουαϊακόλη, παράγωγα της πυρογαλόλης, φουρφουράλη κλπ.). Από αυτά η φορμαλδεΐδη και οι φαινολικές ενώσεις εμφανίζουν σημαντικές αντισηπτικές ιδιότητες.

Το κάπνισμα αυτό καθ'αυτό παρουσιάζει περιορισμένη μικροβιοκτόνο ικανότητα η οποία όμως συμπληρώνεται από την ξήρανση που συμβαίνει ταυτόχρονα.

Γενικά 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 συνήθειες των καταναλωτών.

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 επιζεί μεγάλος αριθμός μικροβίων. Τα σπόρια των βακτηρίων εμφανίζουν πολύ μεγάλη αντοχή στο κάπνισμα.

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.

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. [1]

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 ψεκάσμο ή την επικάλυψη τροφίμων.

Κάθε τύπος καπνίσματος είναι μία επιφανειακή επεξεργασία και οι χημικές ουσίες του καπνού διεισδύουν μερικά χιλιοστά στο προϊόν [26]

3.2.6 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.

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.

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.

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. [1]

3.2.7 Συντήρηση αλιευμάτων με μαρινάρισμα

Το μαρινάρισμα είναι μία μέθοδος διατήρησης των αλιευμάτων με ξύδι και αλάτι, μετά από προηγούμενο ή όχι τηγάνισμα ή προβρασμό ή ψήσιμο.

Τα μαρινάτα αλιεύματα αποτελούν εκλεκτά προϊόντα της βιομηχανικής επεξεργασίας αλιευμάτων.

Το ξύδι λόγω της περιεκτικότητάς του σε οξικό οξύ ασκεί μία ελαφρά συντηρητική δράση, εμποδίζοντας εν μέρει τη δράση των μικροβίων της σήψης. Το χρησιμοποιούμενο ξύδι πρέπει να προέρχεται αποκλειστικά από κρασί (αποκλείονται όλες οι άλλες ποιότητες), να είναι λευκό, με οξύτητα ελάχιστη 5° σε οξικό οξύ και ελεύθερο από μικροοργανισμούς και παράσιτα. Δεν πρέπει να περιέχει καθόλου θειώδες οξύ.

Για τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των προϊόντων και την εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας διατήρησης, το μαρινάρισμα συνδυάζεται με το αλάτισμα και το τηγάνισμα.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι μαρινάρισματος:

1. Ψυχρό μαρινάρισμα
2. Θερμό μαρινάρισμα
3. Μαρινάρισμα των αλιευμάτων 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 μαρινάρισματος. 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.

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 ξύδι και πολύ αλάτι. Συνήθως το υγρό περιέχει 2-3% ξύδι και 4-6% αλάτι. Τα ψάρια διατηρούνται σε ζελατίνη.

Τα μύδια είναι από τα οστρακοειδή που μπορούν να συντηρηθούν με μαρινάρισμα. Αφού γίνουν οι αρχικές απαραίτητες διαδικασίες επεξεργασίας των μυδιών (πλύσιμο, ταξινόμηση, άτμηση, παραλαβή κρέατος) το κρέας τους τοποθετείται σε ελαφρά άλμη επί 2-3 h. Έπειτα συσκευάζονται σε δοχεία και προστίθεται το υγρό πλήρωσης που αποτελείται από ξύδι περιεκτικότητας 4-6% σε οξικό οξύ. Το pH πρέπει να είναι κατώτερο του 4,2. Η αναλογία ποσότητα μυδιών/υγρό πλήρωσης στα δοχεία πρέπει να είναι 1,5. Μερικές φορές προστίθενται και διάφορα μπαχαρικά στο υγρό πλήρωσης. Η διάρκεια διατήρησης των μαρινάτων μυδιών, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, είναι 1-2 μήνες. [1]

3.2.8 Συντήρηση αλιευμάτων με ιονίζουσες ακτινοβολίες

Η βακτηριακή αλλοίωση των ψαριών προκαλείται από gram-αρνητικά βακτήρια όπως τα *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Alteromonas* και *Shewanella* spp. Η ακτινοβόληση παράγει ορισμένες χημικές μεταβολές, οι οποίες, αν και θανατηφόρες για τα βακτήρια που μεταδίδονται στα τρόφιμα, δεν επηρεάζουν τη θρεπτική ποιότητα του τροφίμου, αλλά οδηγούν στην παραγωγή μικρών ποσοτήτων ραδιενεργών προϊόντων. Η ακτινοβόληση-γ έχει θεωρηθεί ως μία ενδιαφέρουσα μέθοδος συντήρησης για την παράταση της διάρκειας ζωής των ψαριών και επίσης για τη μείωση ποιοτικά και ποσοτικά του μικροβιακού πληθυσμού στα ψάρια και τα προϊόντα ψαριών. Οι δόσεις ακτινοβολίας 2-7 kGy μπορούν να μειώσουν σημαντικά παθογόνους μικροοργανισμών τροφίμων όπως *Salmonella*, *Listeria* και *Vibrio* spp. [27]

Οι βασικές ιδιότητες των ιονιζουσών 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.

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.

Η σαλμονέλλα καταστρέφεται με τις ακτινοβολίες. Ο αριθμός των βακτηρίων που επιζούν μετά από μία 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.

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.

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

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.

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.

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. [1]

3.3 Συσκευασία

Τα ψάρια και γενικώς τα αλιεύματα αποτελούν μία αναπτυσσόμενη συνιστώσα της σύγχρονης διατροφής. Έχουν προωθηθεί από ειδικούς υγείας τόσο για τα οφέλη που προσφέρουν στην υγεία του ανθρώπου, καθώς και για τη γεύση και την υφή τους. Δυστυχώς, η σάρκα των αλιευμάτων αλλοιώνεται εύκολα και γενικώς τα αλιεύματα έχουν πολύ μικρότερη διάρκεια ζωής από ότι τα χερσαία κρέατα. Ο περιορισμός της απώλειας ποιότητας εξαρτάται από τον τρόπο χειρισμού και επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται από τους αλιευτές μετά τη συγκομιδή αυτών. Η συσκευασία μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στον περιορισμό της απώλειας της ποιότητας του προϊόντος. [10]

Συσκευασία τροποποιημένης ατόμοσφαιρας (MAP)

Συχνά συγχέεται με τη συσκευασία ελεγχόμενης ατόμοσφαιρας. MAP είναι η αντικατάσταση του αέρα (περιεκτικότητα σε N_2 78,08%, O_2 20,95%, CO_2 0,035%, μαζί με υδρατμούς νερού και ίχνη αερίων) σε συσκευασία με ένα αέριο ή μίγμα αερίων. Η αναλογία κάθε συστατικού καθορίζεται όταν το μίγμα εισάγεται. Δεν ασκείται περαιτέρω έλεγχος σε σχέση με την αρχική σύσταση, ενώ η σύσταση του αερίου είναι πιθανό να αλλάξει με το χρόνο εξαιτίας της διάχυσης αερίων από και προς το προϊόν, της διείσδυσης αερίων που εισέρχονται και εξέρχονται από τη συσκευασία και του μικροβιακού μεταβολισμού.

Συσκευασία ελεγχόμενης ατόμοσφαιρας (CAP) και αποθήκευση ελεγχόμενης ατόμοσφαιρας (CAS)

Η αναλογία κάθε αερίου διατηρείται (ελεγχόμενη) στο αρχικό επίπεδο, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία ή άλλες περιβαλλοντικές μεταβολές. Οι τεχνικές CAP και CAS χρησιμοποιούνται κυρίως για την αποθήκευση και τη μεταφορά προϊόντων και απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο της σύστασης αερίων εντός της συσκευασίας.

Συσκευασία υπό κενό

Το προϊόν τοποθετείται σε συσκευασία χαμηλής διαπερατότητας οξυγόνου, ο αέρας εκκενώνεται και η συσκευασία στεγανοποιείται. Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατή η εκκένωση όλου του αέρα (0,3-3% μπορεί να παραμείνει μετά τη σφράγιση), η αέρια ατόμοσφαιρα του κενού είναι πιθανό να αλλάξει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (λόγω μικροβιακού μεταβολισμού καθώς και μεταβολισμό του προϊόντος) και έτσι η ατόμοσφαιρα γίνεται τροποποιημένη. [29]

Διατήρηση με ανταλλαγή αερίων (GEP)

Η διατήρηση με ανταλλαγή αερίων περιλαμβάνει άντληση του αέρα από το πακέτο και αντικατάστασή του με μία σειρά αερίων καθένα με διαφορετικό ρόλο. Το CO προστίθεται πρώτα για την αναστολή των ενζύμων, ακολουθούμενο από το SO_2 , ή το οξειδίο του αιθυλενίου για να θανατώσει τους μικροοργανισμούς και τελικά εισάγεται N_2 για να ξεπλυθεί η συσκευασία. Ενώ τα αρχικά αποτελέσματα ήταν ελπιδοφόρα, περαιτέρω χρήση στο GEP έχει ανασταλεί, εξαιτίας της θανατηφόρου και διαβρωτικής φύσης ορισμένων από τα χρησιμοποιούμενα αέρια. Ωστόσο, η χρήση αυτής της μεθόδου ως βοήθημα επεξεργασίας τροφίμων, και όχι ως τεχνική συσκευασίας, μπορεί να δικαιολογήσει την περαιτέρω διερεύνηση.

Ενεργός συσκευασία

Η ενεργός συσκευασία έχει οριστεί ως “συσκευασία στην οποία έχουν εσκεμμένα εισαχθεί συστατικά που περιλαμβάνονται στο υλικό συσκευασίας ή στο χώρο κεφαλών συσκευασίας, προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος συσκευασίας”. Η δέσμευση οξυγόνου είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος 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. [28]

3.4 Εφαρμοζόμενες τεχνολογίες συντήρησης σε μύδια και χτένια

Σε έρευνα που έγινε στο μύδι *Mytilus galloprovincialis*, βιοχημικοί δείκτες έδειξαν ότι η MAP που περιέχει O_2 , η MAP που δεν περιέχει O_2 και η VP (under vacuum) επεκτείνουν τη

διάρκεια ζωής του με επικρατέστερο το MAP που περιέχει O₂ και όλα αυτά σε συνθήκες ψύξης στους 3 °C. [30]

Από την άλλη πλευρά, επιτεύχθηκε αύξηση της διάρκειας ζωής του χτενιών της τάξης των 2-3 εβδομάδων σε συσκευασία με αέρα όταν αυτά ακτινοβολήθηκαν με δόσεις των 0,75kGy. [31]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εδώδιμες μεμβράνες

4.1 Εισαγωγή

Η χρήση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων στη διατήρηση φρέσκων προϊόντων δεν είναι μία νέα έννοια. Η χρήση τεχνικών για την επιβράδυνση της απώλειας υγρασίας σε φρέσκα προϊόντα είχε χρησιμοποιηθεί εδώ και δεκαετίες. Για παράδειγμα, η επικάλυψη φρέσκων πορτοκαλιών και λεμονιών με κερί μέλισσας ασκήθηκε στην Κίνα το δωδέκατο και το δέκατο τρίτο αιώνα. Η Yuba (εδώδιμη μεμβράνη πρωτεΐνης σόγιας) χρησιμοποιείται παραδοσιακά στην Ασία από το δέκατο πέμπτο αιώνα και το "larding" (επικάλυψη φαγητού με λίπος) πρωτοχρησιμοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το δέκατο έκτο αιώνα. Στη δεκαετία του 1930, τα κεριά παραφίνης ήταν εμπορικά διαθέσιμα για επικάλυψη εσπεριδοειδών, και στις αρχές της δεκαετίας του 1950 αναπτύχθηκαν γαλακτώματα ελαιού-σε-νερό από κερί καρναουβού για επικάλυψη φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Ανάπτυξη εδώδιμων επικαλύψεων για χρήση σε προϊόντα κρέατος αναφέρθηκαν για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1950.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών, αξιοσημείωτη δουλειά έχει γίνει για το σχηματισμό και το χαρακτηρισμό των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. Μία ποικιλία GRAS (generally recognized as safe) πολυσακχαριτών, πρωτεϊνών και λιπιδίων έχουν χρησιμοποιηθεί, είτε μεμονωμένα είτε σε μίγματά τους, για να παραχθούν σύνθετες εδώδιμες επικαλύψεις. Οι περισσότερες εμπορικές επικαλύψεις έχουν δοκιμαστεί σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά, ενώ η πρόσφατη έρευνα επικεντρώνεται ιδιαίτερα στη χρήση νέων συστατικών και σύνθετων επικαλύψεων.

Οι εδώδιμες 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. Η λογική χρήσης εδώδιμων επικαλύψεων για την παράταση της διάρκειας ζωής και τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων βασίζεται στο σχηματισμό ενός τεχνητού φραγμού που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα (α) τη μείωση της μεταφοράς υγρασίας, (β) τον εκλεκτικό έλεγχο της διάχυσης αερίου, και (γ) την καταστολή ανεπιθύμητων φυσιολογικών αλλαγών. [32],[33]

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 εδώδιμης 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. [33]

Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εδώδιμων φιλμ περιλαμβάνουν νερό, αιθανόλη ή συνδυασμό των δύο. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια επεξεργασίας των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων είναι σημαντικός, επειδή οι υψηλές θερμοκρασίες ενισχύουν την εξάτμιση διαλύτη κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, καταλήγοντας έτσι σε μία δομή όχι αρκετά συνεχή και συνεκτική. Η συνοχή σχετίζεται με τη

χημική φύση και δομή του χρησιμοποιούμενου πολυμερούς, την παρουσία προσθέτων όπως παράγοντες διασύνδεσης καθώς και από την αναγκαιότητα ο σχηματισμός της μεμβράνης να γίνεται σε συνθήκες παραπλήσιες του περιβάλλοντος. [34]

4.2 Απαιτήσεις από τις εδώδιμες μεμβράνες

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

1. Η επικάλυψη πρέπει να είναι ανθεκτική στο νερό, ώστε να παραμένει άθικτη και να καλύπτει επαρκώς ένα προϊόν, όταν εφαρμόζεται.
2. 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.
3. Πρέπει να μειώνει τη διαπερατότητα των υδρατμών.
4. 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.
5. Θα πρέπει να τήκεται πάνω από τους 40 °C χωρίς να αποσυντίθεται.
6. Πρέπει να είναι εύκολα γαλακτωματοποιήσιμο υλικό, μη κολλώδες και να έχει καλή συμπεριφορά στην ξήρανση.
7. Ποτέ δεν θα πρέπει να παρεμβαίνει στην ποιότητα των φρέσκων προϊόντων
8. Πρέπει να έχει χαμηλό ιξώδες και να είναι οικονομική.
9. Θα πρέπει να είναι ημιδιαφανής έως αδιαφανής και ικανή να αντέχει σε ελαφριά πίεση. [35]

4.3 Μέθοδοι εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών

Εμβάπτιση

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε προϊόντα που απαιτούν ομοιόμορφη επίστρωση σε ακανόνιστη επιφάνεια. Μετά την εμβάπτιση, επιτρέπεται η αποστράγγιση του πλεονάζοντος υλικού επίστρωσης από το προϊόν και στη συνέχεια ξηραίνεται ή αφήνεται να στερεοποιηθεί. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την εφαρμογή των ακετυλιωμένων μονογλυκεριδίων σε κρέατα, ιχθυρά και πουλερικά και για την εφαρμογή επικαλύψεων κηρού σε φρούτα και λαχανικά.

Ψεκασμός

Οι μεμβράνες που είναι προϊόν ψεκασμού μπορούν να σχηματιστούν σε ένα λεπτότερο, πιο ομοιόμορφο τρόπο από αυτές που προκύπτουν με εμβάπτιση. Ο ψεκασμός, σε αντίθεση με τη εμβάπτιση, είναι περισσότερο κατάλληλος για την εφαρμογή ενός φιλμ σε μία μόνο πλευρά της τροφής που πρόκειται να καλυφθεί. Ο ψεκασμός μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μίας λεπτής δεύτερης επικάλυψης.

Έγχυση

Αυτή η τεχνική συναντάται κυρίως μεθόδους που αναπτύχθηκαν για μη εδώδιμες επικαλύψεις. Η επίστρωση είναι απλή και επιτρέπει το πάχος της μεμβράνης να ελέγχεται με ακρίβεια. Η έγχυση μπορεί να επιτυγχάνεται με ελεγχόμενου-πάχους διάχυση. Η διάχυση ελεγχόμενου πάχους απαιτεί ένα διανομέα και μία ρυθμιζόμενη πύλη, το ύψος των οποίων μπορεί να ρυθμιστεί με ακρίβεια και με καλή αναπαραγωγιμότητα. [36]

4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών

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

Πλεονεκτήματα

1. Παράγονται από εδώδιμες, ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
2. Καταναλώνονται μαζί με το προϊόν με αποτέλεσμα να μην αφήνουν απόβλητα.
3. Ακόμη και στην περίπτωση που δεν καταναλωθούν με το προϊόν, δεν μολύνουν το περιβάλλον, γιατί γρήγορα αποσυντίθενται, αφού είναι πλήρως βιοδιασπώμενα υλικά.
4. 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.
5. Η χρησιμοποίηση πρωτεϊνών για την παραγωγή τους βελτιώνει τη θρεπτική αξία του προϊόντος.
6. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσκευασία και επικάλυψη μεμονωμένων τεμαχίων του προϊόντος.
7. 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.
8. 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. [37]

Μειονεκτήματα

1. Απαιτούνται λεπτομερείς μελέτες μέχρι να βρεθεί πιο επικαλυπτικό υλικό είναι κατάλληλο για κάθε τρόφιμο.
2. Λόγω της αλλαγής που επιφέρουν στην εσωτερική ατμόσφαιρα του τροφίμου υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών.
3. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που με εφαρμογή επικαλυπτικού υλικού υποβαθμίστηκε η ποιότητα του προϊόντος [38]

4.5 Υλικά που χρησιμοποιούνται στις εδώδιμες μεβράνες

4.5.1 Εδώδιμες μεβράνες που βασίζονται στα λιπίδια

Τα λιπίδια περιλαμβάνουν μία ομάδα υδρόφοβων ενώσεων, οι οποίες είναι ουδέτεροι εστέρες γλυκερόλης και λιπαρών οξέων.

Σε αυτά συγκαταλέγονται τα "κεριά", τα οποία είναι εστέρες μονοϋδρικών αλκοολών και λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας. Τα λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες στερούνται δομικής ακεραιότητας και αντοχής στην ελεύθερη μορφή τους για να είναι καλοί διαμορφωτές επικαλύψεων. Λόγω της εύθραυστης φύσης αυτών των ενώσεων, συχνά ενσωματώνονται λιπίδια σε μία δομική μήτρα κάποιας άλλης ένωσης όπως είναι οι πολυσακχαρίτες. Επομένως, τα λιπίδια, είναι ενσωματωμένα σε σύνθετα επιχρίσματα αποτελούμενα από τουλάχιστον δύο υλικά. Περιλαμβάνονται επίσης τα έλαια, τα οποία είναι δεν είναι τόσο ανθεκτικά στη μεταφορά αερίων και υδρατμών όπως τα κεριά στερεής κατάστασης.

Γενικά, οι επικαλύψεις που περιέχουν στερεά λιπιδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν έως και 75%, για να βελτιωθεί η απόδοση επικάλυψης χωρίς να μειωθούν οι ιδιότητες φραγμού υγρασίας, αλλά κάτω από 25% στερεών, παρατηρήθηκε αύξηση διαπερατότητας σε πειραματικές συνθήκες.

Έλαια

Το παραφινέλαιο, το ορυκτέλαιο, το καστορέλαιο, το κραιμβέλαιο, τα ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια και κάποια φυτικά έλαια (φυστίκι, καλαμπόκι και σόγια) έχουν χρησιμοποιηθεί μόνα τους ή σε συνδυασμό με άλλα συστατικά για την επικάλυψη τροφίμων. Το λευκό ορυκτέλαιο είναι ένα προϊόν με βάση το πετρέλαιο, που είναι ένα μίγμα υγρών παραφινικών και ναφθενικών υδρογονανθράκων. Είναι εγκεκριμένο για χρήση ως προστατευτική επικάλυψη για φρέσκα φρούτα και τα λαχανικά. Τα λιπαρά οξέα και τα πολυγλυκερίδια προέρχονται από φυτικά έλαια ή λαχανικά και λογίζονται ως GRAS. Χρησιμοποιούνται συνήθως με γλυκερίδια ως γαλακτωματοποιητές. Μεταξύ αρκετών δοκιμασμένων ελαίων, το παραφινέλαιο είχε τη μεγαλύτερη αντίσταση στο νερό ακολουθούμενο από φυτικό έλαιο και το ορυκτέλαιο. Τα ακετογλυκερίδια είναι συνθετικά λίπη, πολύ εύκαμπτα σε πολυμορφική μορφή και σταθερά σε κρυσταλλική μορφή. Αυτά τα τροποποιημένα λίπη χρησιμοποιούνται ως προστατευτικές επικαλύψεις και ως πλαστικοποιητές.

Κηροί

Η παραφίνη, το καρναούμπα, το κεριά από μέλισσες, η candelilla και κεριά από πολυαιθυλένιο έχουν χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη τροφίμων, μόνα τους ή σε συνδυασμό με άλλα συστατικά. Το κεριά παραφίνης είναι κλάσμα απόσταξης αργού πετρελαίου. Παρασκευάζεται συνθετικός παραφινικός κηρός από τον καταλυτικό πολυμερισμό του αιθυλενίου και επιτρέπεται στη βιομηχανία τροφίμων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Χρησιμοποιείται ως προστατευτική επίστρωση για ωμά φρούτα, λαχανικά και τυρί, ως βάση τσίχλας και αντιαφριστικό, και ως συστατικό στη μικροενθυλάκωση αρωμάτων. Το κεριά Carnauba είναι το εξίδρωμα φυλλώματος/φύλλων από «το δέντρο της ζωής» (*Copernicia cerifera*) που βρέθηκε στη Βραζιλία. Το κεριά μέλισσας ή το "λευκό κεριά"

εκκρίνεται από τις μέλισσες και το κερι candelilla είναι ένα εξίδρωμα της candelilla, φυτό (*Euphorbia antisphilitica*), το οποίο είναι ένα φυτό που μοιάζει με καλαμπόκι που μεγαλώνει στο Μεξικό και στο νότιο Τέξας. Αυτοί οι φυσικοί κηροί θεωρούνται GRAS στις Ηνωμένες Πολιτείες και χρησιμοποιούνται σε τσίχλες, σκληρές καραμέλες και βρώσιμες επιστρώσεις. Ο κηρός από πολυαιθυλένιο είναι οξειδωμένο πολυαιθυλένιο ή η βασική ρητίνη που παράγεται από ήπια οξείδωση του πολυαιθυλενίου, ένα προϊόν με βάση το πετρέλαιο. Η ουσία αυτή επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί σε βρώσιμα επιχρίσματα για φρούτα και ξηρούς καρπούς όπου η φλούδα ή το κέλυφος δεν καταναλώνεται κανονικά.

Γαλακτώματα

Οι επικαλύψεις γαλακτώματος είναι έλαια ή κηροί διασκορπισμένα σε νερό ή σε κάποιο άλλο υδρόφιλο διάλυμα. Το μακρογαλάκτωμα έχει διασκορπισμένα μεγέθη σωματιδίων κεριού που κυμαίνονται από $2 \cdot 10^3$ έως 10^5 Å και το μικρογαλάκτωμα από 10^3 έως $2 \cdot 10^3$ Å. Τα κερία διασπώνται στο νερό με τρόπο παρόμοιο με το έλαιο. Το Carnauba κερι και το κερι μέλισσας σχηματίζουν σταθερά μικρογαλακτώματα με τους κατάλληλους γαλακτωματοποιητές, σχηματίζοντας μία γυαλιστερή επικάλυψη, ενώ τα μακρογαλακτώματα γενικά προσδίδουν λίγη λάμψη στο επικαλυμμένο προϊόν. [39]

4.5.2 Εδώδιμες μεβράνες που βασίζονται στις πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες έχουν χρησιμοποιηθεί για τις ικανότητές τους να σχηματίζουν επικαλύψεις για εφαρμογές εκτός του κλάδου των τροφίμων από την αρχαιότητα ως συστατικό της κόλλας, για φινιρίσμα δέρματος βαφής, ως επιστρώσεις χαρτιού και μελανιών. Πιο πρόσφατα, πρωτεϊνικά υλικά, όπως η καζεΐνη γάλακτος σε πρωτεΐνες και η ζεΐνη αραβοσίτου, έχουν χρησιμοποιηθεί ως βρώσιμα επιχρίσματα για εξωθημένα κρέατα όπως καθώς και για καρύδια και για είδη ζαχαροπλαστικής, αντίστοιχα.

Πρωτεΐνες ικανές για σχηματισμό επικαλύψεων που είναι φυτικής προέλευσης περιλαμβάνουν ζεΐνη αραβοσίτου, γλουτένη σίτου, πρωτεΐνη σόγιας, πρωτεΐνη φυσιτικών και πρωτεΐνη από βαμβακόσπορο. Η κερατίνη, το κολλαγόνο, η ζελατίνη, η καζεΐνη και πρωτεΐνες ορού γάλακτος είναι πρωτεΐνες που σχηματίζουν επικαλύψεις που προέρχονται από ζωικές πηγές, εκ των οποίων οι πρωτεΐνες καζεΐνης και ορού γάλακτος είναι GRAS.

Καζεΐνη

Οι καζεΐνες είναι διαλυτές σε υδατικά διαλύματα και σχηματίζουν εύκαμπτες άχρωμες μεμβράνες. Η προσθήκη λιπιδικών ενώσεων και η ρύθμιση του pH μείωσε τη διαπερατότητα των υδρατμών των μεμβρανών καζεΐνης, ενώ η προσθήκη πλήρους γάλακτος, καζεϊνικού νατρίου και μη λιπαρού αφυδατωμένου γάλακτος ή ορού γάλακτος σε μεμβράνες πολυσακχαριτών μείωσε τη διαπερατότητα των υδρόφιλων υμενίων από υδρατμούς.

Ορός γάλακτος

Οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος παράγουν επιστρώσεις παρόμοιες με αυτές που παράγονται από καζεϊνικά άλατα. Απαιτείται θέρμανση ενδομοριακών δεσμών του δισουλφιδίου, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα μεμβράνες που είναι αδιάλυτες στο νερό και εύθραυστες.

Κολλαγόνο και ζελατίνη

Το κολλαγόνο είναι το κύριο συστατικό του δέρματος, των τενόντων και των συνδετικών ιστών στα ζώα. Αυτό το υλικό χωνεύεται μερικώς με οξύ ή ένζυμα για να παράγει βρώσιμα περιβλήματα κολλαγόνου. Τα περιβλήματα αυτά για προϊόντα κρέατος ήταν ένα από τα πρώτα παραδείγματα εφαρμογής βρώσιμων μεμβρανών στη σύγχρονη εποχή. Η ζελατίνη δημιουργείται από μερική υδρόλυση του κολλαγόνου και επιτρέπεται επίσης ως συστατικό των μικροκαψουλών για αρώματα και για τις μαλακές κάψουλες στη φαρμακευτική βιομηχανία. Είναι διαλυτό σε υδατικά διαλύματα, σχηματίζοντας ένα εύκαμπτο, διαυγές, διαπερατό από οξυγόνο φιλμ.

Γλουτένη από σιτάρι

Το σύμπλοκο γλουτένης είναι ένας συνδυασμός πολυπεπτιδίων γλοιαδίνης και γλουτενίνης με κάποια λιπίδια και υδατάνθρακες. Είναι διαλυτό σε υδατική αλκοόλη, αλλά αλκαλικές ή όξινες συνθήκες είναι αυτές που απαιτούνται για το σχηματισμό ομοιογενών διαλυμάτων, προκειμένου να σχηματιστούν οι μεμβράνες. Αυτό το υλικό απαιτεί επίσης πλαστικοποιητές για να αυξηθεί η ευελιξία, καθώς τα φιλμ είναι υπερβολικά εύθραυστα. Αυτές οι επικαλύψεις έχουν υψηλή διαπερατότητα νερού, αλλά αποτελούν καλούς φραγμούς για το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα.

Ζεΐνη αραβοσίτου

Η ζεΐνη προέρχεται από γλουτένη καλαμποκιού και είναι αδιάλυτη στο νερό, εκτός αν βρίσκεται σε πολύ χαμηλό ή υψηλό pH. Αυτό οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε μη πολικά αμινοξέα. Είναι διαλυτή σε υδατική αλκοόλη, εύθραυστη και απαιτούνται πλαστικοποιητές για την προσθήκη πλαστικότητας. Χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο του shellac λόγω της υψηλής στιλπνότητάς της, του ταχύτερου ρυθμού ξήρανσης και της αυξημένης σταθερότητας κατά την αποθήκευση.

Πρωτεΐνη σόγιας

Η πρωτεΐνη σόγιας είναι διαθέσιμη ως συμπύκνωμα (πρωτεΐνη 70%) ή απομονωμένη/υπερσυμπύκνωμα (90% πρωτεΐνη). Η δημιουργία μεμβρανών είναι ενισχυμένη με θέρμανση, η οποία μερικώς μετουσιώνει την πρωτεΐνη, επιτρέποντας το σχηματισμό δισουλφιδικών δεσμών. Αυτό αποδείχθηκε ότι μειώνει τη διαπερατότητα των υδρατμών. Το pH πρέπει να ρυθμιστεί μακριά από το ισοηλεκτρικό σημείο της πρωτεΐνης σόγιας (4.6) για να σχηματιστούν μεμβράνες. Στην Ασία, τα φιλμ σχηματίζονται από θερμαινόμενο γάλα σόγιας και χρησιμοποιούνται για την περιτύλιξη προϊόντων διατροφής. [39]

4.5.3 Εδώδιμες μεβράνες που βασίζονται στους πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται σε συστήματα τροφίμων ως παχυντές (thickeners), σταθεροποιητές, παράγοντες πηκτωματοποίησης και γαλακτωματοποιητές. Περιλαμβάνουν άφθονη και ανανεώσιμη πηγή υδρόφιλων παραγόντων σχηματισμού επικαλύψεων με ευρεία περιοχή ιξώδους, σχετικά χαμηλή διαπερατότητα στα αέρια, αλλά μικρή αντίσταση

στη μεταφορά υδρατμών. Μερικοί από αυτούς είναι η κυτταρίνη, η πηκτίνη, η χιτοζάνη και το άμυλο.

Κυτταρίνη

Η κυτταρίνη είναι ο πιο άφθονος πολυσακχαρίτης στον πλανήτη και αποτελεί μείζον συστατικό των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων. Η κυτταρίνη αποτελείται από επαναλαμβανόμενες μονάδες γλυκόζης σε σύνδεση β-1,4. Στη φυσική της μορφή, η κυτταρίνη δεν είναι διαλυτή στο νερό, αλλά παράγωγες μορφές της είναι περισσότερο διαλυτές. Αυτά τα παράγωγα έχουν διαφορετικές διαπερατότητες σε υδρατμούς και αέρια και είναι καλοί μορφοποιητές όσον αφορά επικαλύψεις. Ο βαθμός υποκατάστασης και ο τύπος υποκατάστασης (ιοντικής και μη ιοντικής) για τις λειτουργικές ομάδες και το μήκος αλυσίδας του πολυμερούς επηρεάζουν τη διαπερατότητα, τη διαλυτότητα και τις ιξωδομετρικές ιδιότητες. Τα παράγωγα CMC και MC είναι GRAS, ενώ τα HPC και HPMC έχουν εγκριθεί ως άμεσα πρόσθετα τροφίμων, καθώς συνεισφέρουν στο σχηματισμό μεμβρανών, λειτουργούν ως σταθεροποιητές, παχυντές και αποτελούν παράγοντες αιώρησης. Τα τελευταία δύο παράγωγα δεν επιτρέπονται για χρήση τροφίμων σε όλες τις χώρες. Ένα άλλο προϊόν κυτταρίνης ονομάζεται ινά κυτταρίνης, το οποίο είναι μία βακτηριακή κυτταρίνη που παράγεται από αερόβια ζύμωση γλυκόζης από ένα στέλεχος του *Acetobacter*. Φυσικά, έχει μία λεπτή δομή ινών, χημικά όμως δεν είναι διαφορετική από την φυτική κυτταρίνη. Έχει εφαρμοστεί σε surimi, αλλά δεν έχει αναφερθεί σε χρήσεις ως επικάλυψη ή επιφανειακός παράγοντας.

Πηκτίνη

Οι πηκτίνες είναι ένα πολύπλοκο μίγμα πολυσακχαριτών που είναι επίσης συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτικών οργανισμών. Αυτοί λαμβάνονται από τη φλούδα των εσπεριδοειδών και τον πολτό μήλων. Αυτά τα πολυμερή είναι κυρίως μεγάλου μήκους αλυσίδες α-1,4 μονάδων γαλακτουρονικού οξέος που έχουν υποστεί εστεροποίηση με ομάδες μεθυλίου. Ο βαθμός εστεροποίησης επηρεάζει τις ιδιότητες διαλυτότητας και ζελατινοποίησης. Όπως και με τα πολυμερή κυτταρίνης, το μήκος της αλυσίδας επηρεάζει επίσης τη διαλυτότητα και το ιξώδες. Όταν χρησιμοποιείται ως παράγοντας σχηματισμού φιλμ σε επικαλύψεις, αυτό το πολυμερές δίνει μία κάπως γυαλιστερή και μη κολλώδη επιφάνεια. Οι επικαλύψεις που κατασκευάζονται με υλικά πηκτίνης έχουν γενικά υψηλή μετάδοση υδρατμών λόγω της υδρόφιλης φύσης τους, η οποία μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη παραφίνης ή μελισσοκεριού. Η αντοχή εφελκυσμού των μεμβρανών πηκτινικού οξέος αυξάνεται με μείωση της περιεκτικότητας σε μεθοξύλιο, επειδή η απομάκρυνση των εστερικών ομάδων οδηγεί σε αυξημένη εγκάρσια σύνδεση μεταξύ των υπόλοιπων ομάδων καρβοξυλίου. Οι πηκτίνες γενικά θεωρούνται GRAS.

Χιτίνη/ Χιτοζάνη

Δίπλα στην κυτταρίνη, η χιτίνη είναι ο δεύτερος πιο άφθονος πολυσακχαρίτης στον πλανήτη, που αποτελεί συστατικό στοιχείο των κυτταρικών τοιχωμάτων των μυκητιακών και των πράσινων φυκών και σκελετικής ουσίας των ασπόνδυλων. Είναι β-1,4 συνδεδεμένο

πολυμερές της 2-ακεταμιδο-2-δεοξυ-D-γλυκάνης. Μερική αποακετυλίωση της χιτίνης οδηγεί σε χιτοζάνη, η οποία έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί αντιδράσεις στην άμυνα των φυτικών οργανισμών και αναστέλλει την ανάπτυξη μυκήτων. Χρήση αυτού του πολυμερούς ως παράγοντας σχηματισμού φιλμ και φυσικό συντηρητικό είχε ως αποτέλεσμα την εμπορική επικάλυψη Nutri-Save. Μεθυλίωση του πολυμερούς είχε ως αποτέλεσμα διπλάσια αντίσταση στο CO₂. Αυτό του επιτρέπει να καθυστερεί την ωρίμανση των κλιμακτιριακών καρπών όπως το μήλο, το βερούκοκο, το μάνγκο και το ακτινίδιο. Ωστόσο, έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση σε μεταφορά υδρατμών σε σύγκριση με λιπιδικά υλικά. Η αντιμικροβιακή δραστηριότητα της χιτοζάνης βρέθηκε να αυξάνεται με ιοντική ισχύ, αλλά μειώνεται με την προσθήκη μεταλλικών ιόντων. Η αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης εξαρτάται από τα φορτία και τη διαλυτότητά της.

Άμυλο

Τα αμυλώδη υλικά (αμυλόζη, αμυλοπηκτίνη και παράγωγα) έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή επικαλύψεων. Αυτές οι μεμβράνες έχουν αναφερθεί ότι είναι ημιδιαπερατές στο διοξείδιο του άνθρακα, αλλά είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στο O₂. Το περισσότερο άμυλο αποτελείται από 25% αμυλόζη και 75% αμυλοπηκτίνη, με μία αξιοσημείωτη εξαίρεση να είναι το υβρίδιο καλαμποκιού, που περιέχει 50-80% αμυλόζη. Η αμυλόζη είναι ένα πολυμερές της α-1,4 γλυκόζης, ενώ η αμυλοπηκτίνη διέπεται από το σκελετό της αμυλόζης με πλευρικές αλυσίδες μίας α-1,6 γλυκόζης. Από τα δύο πολυμερή, η αμυλόζη είναι καλύτερη ως σχηματοποιητής μεμβρανών και η αμυλοπηκτίνη είναι περισσότερο χρήσιμη ως παράγοντας πάχυνσης. Μερικά παράγωγα, όπως το υδροξυπροπύλιο αμυλόζης, έδειξαν χαμηλή διαπερατότητα στο O₂, βελτιωμένη υδατοδιαλυτότητα και αυξημένες ιδιότητες επιμήκυνσης, αλλά δεν υπήρχε καθόλου αντίσταση στους υδρατμούς. Οι δεξτρίνες (μερικώς υδρολυμένα μόρια αμύλου) χρησιμοποιούνται ως διαμορφωτές μεμβρανών, μέσα ενθυλάκωσης και φορείς γεύσης. Οι επικαλύψεις που κατασκευάζονται από τέτοια πολυμερή έχουν χαμηλότερη διαπερατότητα στους υδρατμούς σε σύγκριση με τις μεμβράνες αμύλου που έχουν αντίσταση στο O₂. Οι καρβοξυλιωμένες δεξτρίνες χρησιμοποιούνται ως παράγοντες ενθυλάκωσης. Τα προϊόντα ακατέργαστου αμύλου και δεξτρίνης θεωρούνται GRAS, ενώ τα τροποποιημένα προϊόντα αμύλου εγκρίνονται ως άμεσες πρόσθετες ύλες τροφίμων.

Αλόη

Η γέλη αλόης χρησιμοποιήθηκε για την επικάλυψη επιτραπέζιων σταφυλιών και επέκτεινε τη διάρκεια ζωής του προϊόντος κατά 35 ημέρες σε 1 °C. Η γέλη αυτή δρούσε ως φραγμός στο O₂ και το CO₂ και λειτούργησε ως φράγμα υγρασίας και έτσι μείωσε την απώλεια βάρους, περιόρισε την αμαύρωση και το μαλάκωμα καθώς και την ανάπτυξη ζυμομυκήτων. Το υλικό αναφέρει ότι περιέχει αντιμικροβιακές ενώσεις και έτσι αποτρέπει την αποσύνθεση. Αυτό το υλικό έχει χρησιμοποιηθεί ως λειτουργικό συστατικό στα ποτά για χρόνια. Η αλόη περιέχει ακετυλιωμένους υδατάνθρακες μηλικού οξέος που έδειξαν αντιφλεγμονώδη δράση. [39]

4.6 Παραδείγματα εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών

Ο αριθμός των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία θαλασσινών για το σχηματισμό εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων είναι περιορισμένος. Προφανώς, τα υλικά πρέπει να είναι σε θέση να σχηματίσουν επικαλύψεις. Πρέπει επίσης, να μπορούν να διασκορπιστούν ή να διαλυθούν σε κατάλληλο διαλύτη που είναι επίσης συμβατός με τους απαραίτητους πλαστικοποιητές, αντιοξειδωτικά και αντιμικροβιακούς παράγοντες, γεύσεις κλπ. Για τα τρόφιμα, τα πιθανά υλικά μπορούν επίσης να ταξινομηθούν ως: λιπίδια (λιπαρά οξέα και κηροί), υδροκολλοειδή (πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες) και σύνθετα υλικά. Η ποιότητα των ψαριών είναι πολύ υποκειμενική και είναι πολύπλοκη περιλαμβάνοντας τα θρεπτικά μικροβιολογικά, βιοχημικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

Τα θαλασσινά 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. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι ωφέλιμες επιδράσεις ορισμένων εδώδιμων επικαλύψεων σε θαλασσινά προϊόντα: [40]

Υλικό επικάλυψης	Ωφέλιμες επιδράσεις
Αλγινικό νάτριο	Σημαντική επέκταση της διάρκειας ζωής σε περίπου 160 h από 57 h για μη σφραγισμένα στρείδια.
Αλγινικό νάτριο	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.
Ξανθάνη	Επιβραδυνόμενη οξείδωση λιπιδίων και σημαντικά μειωμένες μεταβολές των πτητικών ουσιών στον καπνιστό σολομό.
Χιτοζάνη	Οι μικροβιολογικές, χημικές και οργανοληπτικές αναλύσεις αξιολόγησης παρουσιάζουν χαρακτηριστικά καλής ποιότητας και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του ασημένιου κυπρίνου 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 για περίπου 20 ημέρες.
Χιτοζάνη	Η επικάλυψη ήταν αποτελεσματική στην αναστολή της βακτηριακής ανάπτυξης και μείωσε το σχηματισμό πτητικών βάσεων και την οξείδωση στην ινδική σαρδέλα. Βελτίωσε επίσης τη συγκράτηση του νερού.
Χιτοζάνη	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

[40]

Υλικό επικάλυψης	Ωφέλιμες επιδράσεις
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	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, του θειοβαρβιτουρικού 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
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	Η εφαρμογή της επικάλυψης μετά την κατάψυξη αύξησε την απόδοση κατά την απόψυξη, μειώνοντας την απώλεια υγρών. Οι επιστρώσεις καθυστέρησαν τη λιπιδική οξείδωση των φιλέτων σολομού, παρέχοντας καλύτερη προστασία στην κρυστάλλωση του νερού.
Ζελατίνη	Μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης υπό ψύξη των επικαλυμμένων με ζελατίνη φιλέτων tilapia το μικροβιακό τους φορτίο δεν αυξήθηκε ιδιαίτερα, ενώ τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δεν εμφάνισαν μεγάλες διαφορές σε σχέση με τα φρέσκα φιλέτα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Φυσικά αντιμικροβιακά

5.1 Εισαγωγή

Η αλλοίωση και η μόλυνση των τροφίμων από μικροοργανισμούς είναι ένα πρόβλημα, που παρά το εύρος των διαθέσιμων ισχυρών τεχνικών συντήρησης (κατάψυξη, αποστείρωση, ξήρανση, χρήση συντηρητικών), δεν έχει ακόμα επιτευχθεί επαρκής περιορισμός αυτού. Στην πραγματικότητα, οι παρασκευαστές τροφίμων βασίζονται όλο και περισσότερο σε πιο ήπιες τεχνολογίες συντήρησης, προκειμένου να ικανοποιήσουν τη ζήτηση των καταναλωτών για τρόφιμα με πιο φυσική εμφάνιση και με αναλλοίωτη την ποιότητα σε επίπεδο θρεπτικότητας. Επιπλέον, οι καταναλωτές απορρίπτουν όλο και περισσότερο τρόφιμα παρασκευασμένα με συντηρητικά χημικής προέλευσης, τα οποία εξακολουθούν να είναι καθημερινή πρακτική, έτσι ώστε να επιτευχθεί αυξημένη διάρκεια ζωής για τα τρόφιμα. Για να εναρμονιστούν με τα κριτήρια των καταναλωτών, οι παρασκευαστές τροφίμων αναζητούν νέες, περισσότερο φυσικές εναλλακτικές λύσεις που εξασφαλίζουν επαρκώς την ασφάλεια των προϊόντων τους. Η αναζήτηση για φυσικές εναλλακτικές των χημικών ουσιών είναι απολύτως λογική, καθώς η φύση ήταν ανέκαθεν πάρα πολύ γενναιόδωρη πηγή αντιμικροβιακών ουσιών, πολλές εκ των οποίων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη φυσική άμυνα ή στα ανταγωνιστικά συστήματα των οργανισμών (από μικροοργανισμοί, έντομα, ζώα και φυτά). Πολλά φυτά περιέχουν ουσίες που έχουν κάποια αντιμικροβιακή δράση, που αναφέρονται και ως πράσινες χημικές ουσίες. Τα μπαχαρικά και τα βότανα είναι γνωστό ότι αναστέλλουν τα βακτήρια, τις ζύμες και τις μούχλες και έχουν παραδοσιακά ευρεία χρήση στη διατήρηση των τροφίμων τόσο καλά όσο και για φαρμακευτικούς σκοπούς. Η χρήση μπαχαρικών και βοτάνων ή εκχυλισμάτων αυτών είναι συχνά λιγότερο αποτελεσματική από τη χρήση των ενεργών τους συστατικών, για τα οποία έχουν αναγνωριστεί πολλές ελκυστικές εφαρμογές. Η χρήση φυσικών αντιμικροβιακών στην πράξη υπόκειται σε νομοθετικές απαιτήσεις που μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικές στα διάφορα μέρη του κόσμου, και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν συζητούνται νέες εξελίξεις στον τομέα της διατήρησης των τροφίμων.

Σε πολλές χώρες παγκοσμίως, υπάρχει μία ταχέως αυξανόμενη ζήτηση για φιλικά προς το περιβάλλον, ασφαλή συντηρητικά που προορίζονται για την ήπια διατήρηση των τροφίμων. Οι παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης τροφίμων έχουν ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην προσέλευση φρέσκων προϊόντων διατροφής και τα τεχνητά συντηρητικά απαγορεύονται όλο και περισσότερο. Οι ήπιες τεχνικές συντήρησης μπορούν να ελέγξουν την αλλοίωση του προϊόντος που προκαλείται από μικροοργανισμούς σε κάποιο βαθμό. Ωστόσο, τώρα γίνεται όλο και πιο προφανές ότι ενδέχεται να προκύψουν πιθανοί κίνδυνοι για την ασφάλεια με τα ήπια συστήματα συντήρησης λόγω της επιβίωσης και της ανάπτυξης ορισμένων παθογόνων που μεταδίδονται με την τροφή. Ιδιαίτερα ανησυχητικά είναι τα ανεκτικά στο ψύχος (ψυχρότροφα) παθογόνα, όπως η *Listeria monocytogenes*, η *Yersinia enterocolitica* και η *Aeromonas hydrophila*, τα οποία μπορεί να φτάσουν σε επίπεδα ανησυχίας κατά τη διάρκεια της μακράς διάρκειας ζωής αυτών των τροφίμων. Τα μεσοφιλικά παθογόνα (δηλαδή, *Staphylococcus aureus*, εντεροπαθογόνο *Escherichia coli* και *Bacillus cereus*) παρουσιάζουν κίνδυνο για την υγεία, όταν παρατηρείται κακή χρήση της θερμοκρασίας. Επομένως, υπάρχει επείγουσα ανάγκη για την εισαγωγή πρόσθετων παραγόντων ασφάλειας με αυτές τις ήπιες τεχνικές συντήρησης.

Για μεγάλο χρονικό διάστημα, χημικά συντηρητικά όπως το σορβικό και το βενζοϊκό έχουν χρησιμοποιηθεί ως αξιόπιστοι συντηρητικοί παράγοντες για τον έλεγχο ορισμένων μικροβιακών κινδύνων. Ωστόσο, τέτοιες ενώσεις δεν ικανοποιούν την έννοια των "φυσικών" και "υγιεινών" τροφίμων που προτιμούν οι καταναλωτές. Η αρνητική αντίδραση στα χημικά συντηρητικά στην κοινωνία μας είναι έντονα αυξανόμενη, παρά το γεγονός ότι τέτοιες ενώσεις είναι ακόμη απαραίτητες στην επεξεργασία τροφίμων. Ως αποτέλεσμα, η αντικατάσταση των χημικών με πιο φυσικές εναλλακτικές λύσεις μπορεί να συμβεί μόνο όταν είναι απαραίτητο (δηλαδή όταν οι χημικές εναλλακτικές λύσεις δεν είναι πλέον αποδεκτές) και εφικτό (δηλαδή όταν φυσικά υποκατάστατα είναι πράγματι τοξικολογικά ασφαλή στη χρήση και αποτελεσματικά στην πράξη). Η δυνατότητα αυτή υποστηρίζεται από πολλές μελέτες από τους ακαδημαϊκούς και τις βιομηχανίες τροφίμων. Είναι σαφές ότι οι φυσικές εναλλακτικές λύσεις δεν είναι πάντα τόσο ισχυρές όσο οι υπάρχουσες χημικές ουσίες και ότι η έξυπνη χρήση των συνδυασμένων διαδικασιών μπορεί να αποτελεί προϋπόθεση για τη βέλτιστη λειτουργικότητα. Επίσης, είναι προφανές ότι ακόμη και φυσικές εναλλακτικές λύσεις θα πρέπει να περάσουν νομοθετικό έλεγχο και ότι η ετικέτα "φυσικό" δεν πρέπει να συγχέεται με την εκ φύσεως (inherent) ασφάλεια.

Όσον αφορά την ανάπτυξη φυσικών αντιμικροβιακών ενώσεων από τα φυτά (πράσινες χημικές ουσίες) για τη διατήρηση των τροφίμων, η έρευνα επικεντρώνεται τώρα στην πιθανή χρήση φυτοαλεξινών, οργανικών οξέων και φαινολών. Επιπλέον, πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα έχουν ληφθεί με αιθέρια έλαια από βότανα και αρωματικά φυτά. Τέτοια αιθέρια έλαια αποτελούνται από μίγματα εστέρων, αλδεϋδών, κετονών και τερπενίων με αντιμικροβιακή δραστηριότητα ευρέος φάσματος. Η τοξικολογική βάση πολλών βοτάνων και τα μπαχαρικών καθώς και ενεργών συστατικών τους έχουν μελετηθεί και συχνά είναι γνωστά ως τρόφιμα ή ακόμη και ως GRAS. [41]

5.2 Φυσικά αντιμικροβιακά φυτικής προέλευσης

Για αιώνες, τα φυτά έχουν εκτιμηθεί για την αντιμικροβιακή τους δραστηριότητα. Σε πολλές περιπτώσεις, αντιμικροβιακά σε φυτά (πράσινες χημικές ουσίες) λειτουργούν ως συστήματα αντίστασης ή άμυνας κατά των μικροβιακών ασθενειών ή παρασίτων. Βότανα και μπαχαρικά έχουν χρησιμοποιηθεί από την αρχαιότητα όχι μόνο ως βελτιωτικά γεύσης αλλά και ως συντηρητικά ή αντιοξειδωτικά.

Η πλειοψηφία των αντιμικροβιακών φυτικών ενώσεων ταυτοποιούνται ως δευτερογενείς μεταβολίτες, κυρίως τερπενοειδούς ή φαινολικής βιοσυνθετικής προέλευσης. Τα υπόλοιπα είναι υδρολυτικά ένζυμα (γλυκανάσες και χιτινάσες) και πρωτεΐνες που δρουν ειδικά επί των μεμβρανών των εισβαλλόμενων μικροοργανισμών με αντιμικροβιακή δράση. Με βάση τα συσσωρευμένα δεδομένα για διάφορες φυτικές ενώσεις που εμπλέκονται σε ανθεκτικότητα σε ασθένειες, προτάθηκε να ταξινομηθούν τα χημικά αμυντικά συστήματα των φυτών σε προ- και μετά τη μόλυνση παράγοντες. Οι παράγοντες πρόληψης είναι αντιβιοτικά, τα οποία συντίθενται και αποθηκεύονται σε εξειδικευμένους ιστούς όπου επιβραδύνουν ή συγκρατούν επί τόπου μικροβιακή ανάπτυξη αμέσως μετά τη μόλυνση. Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι συστατικά αιθέριου ελαίου με αντιμικροβιακή δράση. Οι παράγοντες πρόληψης που απαιτούν αύξηση της συγκέντρωσης μετά τη μόλυνση για ένα κατάλληλο αποτέλεσμα ονομάζονται αναστολείς. Αυτοί μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους παραϊατρικών παραγόντων: τους μετα-αναστολείς και

φυτοαλεξίνες. Οι ενώσεις που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία είναι τοξικοί μεταβολίτες που σχηματίζονται μετά από μόλυνση με υδρόλυση ή οξείδωση των προσχηματισμένων ενώσεων. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει αντιμικροβιακές ενώσεις που συντίθενται κατά την εισβολή του φυτού ξενιστή. [41]

5.2.1 Φυτοαλεξίνες

Οι φυτοαλεξίνες ορίζονται ως μικρού μοριακού βάρους αντιμικροβιακές ουσίες των οποίων η σύνθεση προκαλείται σε φυτά σε απόκριση μικροβιακής μόλυνσης. Μέχρι στιγμής έχουν εντοπιστεί περισσότερες από 200 διαφορετικές φυτοαλεξίνες σε παραπάνω από 20 φυτικές οικογένειες. Οι φυτοαλεξίνες είναι αντιβιοτικά ευρέως φάσματος, γενικά δραστικές κατά των φυτοπαθογόνων μυκήτων. Επίσης, τα υπεύθυνα ένζυμα για τη σύνθεση των φυτοαλεξινών συντίθενται τα ίδια ως απόκριση στην έκθεση σε μικρόβια ή άλλα αποτελεσματικά ερεθίσματα. Οι ενώσεις που πυροδοτούν τη σύνθεση των φυτοαλεξινών, κυμαίνονται στη φύση από βακτηριακές πρωτεΐνες μέχρι μυκητιακά λιπαρά οξέα.

Η αντιμικροβιακή δράση των φυτοαλεξινών συχνά κατευθύνεται κατά των μυκήτων, παρόλο που η δράση αυτών έχει αναφερθεί και προς τα βακτήρια. Τα νούφαρα είναι γνωστά για την παραγωγή ισοφλαβονοειδών φυτοαλεξινών. Η παραγωγή ισοφλαβονοειδών φυτοαλεξινών σε καλλιέργειες φυτικών κυττάρων και ιστών έχει προκαλέσει μεγάλο ενδιαφέρον και αυτό θα μπορούσε να είναι μία μέθοδος για μεγάλης κλίμακας τεχνητή παραγωγή.

Παρόλο που η χρήση φυτοαλεξινών στη διατήρηση τροφίμων έχει προταθεί σε πολλές περιπτώσεις, υπάρχουν ακόμη πολύ λίγα παραδείγματα της πραγματικής χρήσης αυτών των ενώσεων. Αυτό οφείλεται ενδεχομένως στο γεγονός ότι οι φυτοαλεξίνες, γενικά, παρουσιάζουν επαρκή αντιμικροβιακά αποτελέσματα σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις. Στα φυτά, αυτό μπορεί να μην είναι πρόβλημα, καθώς αυτές οι ενώσεις συσσωρεύονται τοπικά σε υψηλές συγκεντρώσεις, ειδικά σε τραυματισμένους φυτικούς ιστούς. Οι υψηλές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητες σε μήτρες τροφίμων, όταν εφαρμόζονται από μια εξωγενή πηγή και η περιστασιακή κυτταροτοξικότητά τους παρεμποδίζει την εφαρμογή αυτών των ενώσεων ως συντηρητικών τροφίμων. Η ανάπτυξη αναλόγων με υψηλότερη ειδική δραστηριότητα και μειωμένη τοξικότητα θα μπορούσε να διευκολύνει την εφαρμογή αυτών των ενώσεων. [41]

5.2.2 Οργανικά Οξέα

Το κιτρικό, το ηλεκτρικό, το μηλικό και το τρυγικό οξύ ευρίσκονται συνήθως σε φρούτα (εσπεριδοειδή, σταφύλια και ανανά) και λαχανικά (μπρόκολο και καρότα). Μέσω της χρήσης τους ως οξειδωτικών ή αντιοξειδωτικών στα τρόφιμα, οι αντιμικροβιακές τους ιδιότητες παρέχουν πρόσθετο όφελος. Στοχεύουν κυτταρικούς τοίχους, κυτταρικές μεμβράνες, μεταβολικά ένζυμα, συστήματα πρωτεϊνικής σύνθεσης και γενετικό υλικό. Έτσι, είναι ενεργά έναντι ευρέως φάσματος μικροοργανισμών. Τα οργανικά οξέα που περιέχονται στις καλλιέργειες μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη φυσική αντοχή καλλιέργειας. Πολλά οργανικά οξέα ή τα παράγωγά τους εφαρμόζονται ήδη ως συντηρητικά τροφίμων. [41]

5.2.3 Φαινολικές ενώσεις

Στις αρχές του εικοστού αιώνα πιστεύεται ότι τα φυτά περιέχουν ενώσεις που ήταν τοξικές εναντίον των μυκήτων. Αρχικά, η άφθονη παρουσία των φαινολικών ενώσεων σε συνδυασμό με τους *in vitro* πολλούς μικροοργανισμούς ελήφθη ως ένδειξη ότι αυτές οι ενώσεις θα μπορούσαν να εκπληρώσουν τον πρωταρχικό ρόλο του χημικού αμυντικού συστήματος των φυτών. Ωστόσο, ο ρόλος των φυτικών φαινολικών στη χημική άμυνα των φυτών κατά των εισβαλλόμενων μικροοργανισμών εξακολουθεί να είναι ασαφής. Παρ' όλα αυτά, εκτιμάται ότι ένα ευρύ φάσμα φαινολικών ενώσεων συμβάλλει στους αμυντικούς μηχανισμούς τους ιστούς του φυτού καθώς επίσης και στο αισθητικό κομμάτι (γεύση, οσμή και εμφάνιση), αλλά και στις διατροφικές ιδιότητες αυτού. Οι αντιμικροβιακές δραστηριότητες των φαινολικών ενώσεων που απαντώνται στη φύση από τις ελιές, το τσάι και τον καφέ έχουν μελετηθεί λεπτομερέστερα σε σχέση με εκείνες από άλλες πηγές, κάτι που εν μέρει οφείλεται στη μεγάλη αξία των προαναφερθέντων προϊόντων. Οι φαινολικές ενώσεις είναι σημαντικοί παράγοντες συντήρησης τροφίμων και έχουν ένα εντυπωσιακό αντιμικροβιακό φάσμα, αν και η δυνατότητά τους ως συντηρητικά τροφίμων σπανίως εκμεταλλεύεται. [41]

5.2.4 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, κορίανδρο, κίτρο, κύμινο άνηθο, δαμάσκηνο, δάφνη, μαντζουράνα, μοσχοκάρυδο, δεντρολίβανο, φασκόμηλο, παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλή δραστηριότητα έναντι ορισμένων μικροοργανισμών.

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. [42]

5.3 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.

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 ρίγανης), 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. [43]

5.3.1 Αιθέριο έλαιο ρίγανης

Η ρίγανη (*Origanum vulgare*) ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae*, στο γένος *Origanum*. Το γένος *Origanum* περιλαμβάνει 38 είδη ρίγανης, τα περισσότερα εκ των οποίων απαντώνται σε όλη τη Μεσόγειο, ενώ 11 είδη από αυτά φύονται στην Ελλάδα. Το πιο γνωστό είδος ρίγανης στην Ελλάδα είναι αυτή η οποία ταξινομείται ως *Origanum, vulgare, spp.*

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης 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 αιθέριου ελαίου και θεωρούνται υπεύθυνες για τις αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές του ιδιότητες.

Επίσης, το γ-τερπινένιο και το π-κυμένιο είναι δύο υδρογονάνθρακες που αποτελούν περίπου το 5 % και 7 %, αντίστοιχα του αιθέριου ελαίου και συνεισφέρουν στις αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ρίγανης. Εκτός των φαινολών και υδρογονανθράκων, το αιθέριο έλαιο της ρίγανης περιέχει διάφορες αλκοόλες και εστέρες που βρίσκονται σε μικρά ποσοστά, περίπου 1,5 %. [44]

Αντιμικροβιακή δράση

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης παρουσίασε σημαντική αντιμικροβιακή δράση κατά των παθογόνων *Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes*, *Brocothrix thermosphacta* και *Salmonella pullorum* σε *in vitro* πειράματα.

Η προσθήκη αιθέριου ελαίου ρίγανης σε συγκεντρώσεις 1,33 – 66,7 (μg/mL) σε θρεπτικό ζωμό, παρουσίασε σημαντική βακτηριοκτόνο δράση κατά ανθεκτικών σε αντιβιοτικά βλαστικών κυττάρων του *B. cereus* μετά από επώαση στους 37 °C για 24 h. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το αιθέριο έλαιο βρέθηκε δραστικό ακόμα και κατά σπόρων του παραπάνω παθογόνου στις ίδιες συνθήκες.

Η αντιμικροβιακή δράση του αιθέριου ελαίου ρίγανης κατά του παθογόνου *E. coli* μελετήθηκε από διάφορους ερευνητές. Αιθέριο έλαιο ρίγανης σε συγκεντρώσεις 1, 1,5 και 2% είχε βακτηριοκτόνο δράση κατά του παθογόνου που είχε ενοφθαλμιστεί σε πληθυσμό 10⁸ CFU/mL σε θρεπτικό υπόστρωμα που επώαστηκε στους 37 °C. Στην ίδια εργασία διαπιστώθηκε ότι συγκέντρωση 0,5% του ελαίου παρουσίασε βακτηριοστατική δράση. Άλλοι ερευνητές αναφέρουν αντιμικροβιακή δράση του αιθέριου ελαίου ρίγανης κατά της *E. coli* σε ακόμη μικρότερες συγκεντρώσεις.

Η προσθήκη ελαίου ρίγανης σε κατεψυγμένα τρόφιμα με χαμηλό pH σε συγκεντρώσεις (0,1-0,7%), αύξησε το ρυθμό θανάτωσης της *E. coli* και μείωσε το χρόνο επιβίωσής της. Είναι γνωστό ότι η *E. coli* επιβιώνει σε χαμηλό pH, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε τρόφιμα με χαμηλό pH το αιθέριο έλαιο ήταν περισσότερο δραστικό κατά της *E. coli*, γεγονός που αποδόθηκε στο ότι σε χαμηλό pH το έλαιο γίνεται περισσότερο υδρόφοβο, με

αποτέλεσμα να επιδρά καλύτερα στη λιπιδική φάση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. [44]

Αντιμυκητιακή δράση

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης έχει επίσης αξιοσημείωτη αντιμυκητιακή δράση. Το αιθέριο έλαιο ρίγανης έχει αποδειχθεί ότι διαθέτει ανασταλτική δράση στην ανάπτυξη των *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* και *Penicillium spp.* Η παραγωγή των μυκοτοξινών και ειδικότερα των αφλατοξινών στα τρόφιμα, περιορίστηκε σε μεγάλο βαθμό με την προσθήκη αιθέριου 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 2 μl/ml ανέστειλε πλήρως την ανάπτυξη του *Aspergillus parasiticus* και περιόρισε την παραγωγή αφλατοξινών *in vitro*. [44]

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. Άλλες χημικές ενώσεις του αιθέριου ελαίου της ρίγανης, όπως το ροσμαρινικό οξύ, συντελούν επίσης στην αντιοξειδωτική αυτή συμπεριφορά. [45]

5.3.2 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 μανταρίνια. Η λέξη λεμόνι προέρχεται από τα αρχαία Γαλλικά γνωστό ως "limon". Στην Ιταλία επίσης έχει διαφορετικό όνομα "limone".

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-τερπινολένιο (4,33%), τερπινεν-4-όλη (3,38%), κυμένιο (1,80%), και β-δισαβολένιο (1,43%). [46]

Αντιμικροβιακή δράση

Τα αιθέρια έλαια λεμονιού σε διαφορετικές συγκεντρώσεις χρησιμοποιήθηκαν για τη δοκιμή για την αντιμικροβιακή δράση τους έναντι τεσσάρων παθογόνων βακτηρίων στελεχών. Το Omani γλυκό αιθέριο έλαιο στις συγκεντρώσεις των 2 mg / mL και 0,5 mg /

mL έδωσε πολύ μικρό αντιμικροβιακό κατά της *E.coli*. Ωστόσο, το ίδιο έλαιο έδωσε υψηλή δραστηριότητα έναντι του *S. aureus* σε συγκέντρωση 2 mg / mL. Ομοίως, το οξαλικό έλαιο λεμονιού της Ομάν έδωσε μικρή αντιμικροβιακή δράση ενάντια *E. Coli* και *P. Aeruginosa* σε συγκέντρωση 2 mg / mL. Ωστόσο, το ξινόλευκο έλαιο έδωσε πολύ ισχυρή δράση έναντι του *P. aeruginosa* σε συγκέντρωση 0,25 mg / mL. [46]

5.3.3 Αιθέριο έλαιο Μάραθου

Οι σπόροι μάραθου μοιάζουν με γλυκάνισο και κύμινο 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 κύμινου και τον αποκαλούν jintan manis, που σημαίνει «γλυκό κύμινο». [47]

Αντιμικροβιακή δράση

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 Adjou 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 μικκυλίων μειώθηκε σημαντικά με την αυξανόμενη συγκέντρωση αιθερίου ελαίου. Το αιθέριο έλαιο έδειξε καλύτερη δραστηριότητα στην ανάπτυξη των μικκυλίων των *A. Ochraceus* και *F. Oxysporum* από ότι στην ανάπτυξη των *A. Parasiticus* και *A. Flavi*. Το αιθέριο του γλυκού μάραθου, με την αντιμυκητιακή δράση και τις ανασταλτικές ιδιότητες στην ανάπτυξη των μυκοτοξινών, προσφέρει μία νέα προσέγγιση στη διαχείριση της αποθήκευσης, καθώς παρέχει τη δυνατότητα πρόληψης της μόλυνσης από μούχλα.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε 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.

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 ημέρες αποθήκευσης. Η διατήρηση καπνιστών ψαριών με την ενσωμάτωση αιθερίου ελαίου αύξησε τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. [48]

5.3.4 Αιθέριο έλαιο Κορίανδρου

Ο κορίανδρος (*Coriandrum sativum* L.) είναι ένα γνωστό βότανο που χρησιμοποιείται ευρέως ως μπαχαρικό, στη λαϊκή ιατρική και στη φαρμακοβιομηχανία και βιομηχανία τροφίμων. Το έλαιο από σπόρους κορίανδρου είναι ένα από τα 20 βασικά αιθέρια έλαια στη παγκόσμια αγορά και είναι γνωστό ότι ασκεί αντιμικροβιακή δραστηριότητα, παρ'όλα αυτά ο μηχανισμός δράσης του είναι ακόμη ασαφής. [49]

Αντιμικροβιακή δράση

Το αιθέριο έλαιο από κορίανδρο έχει αναφερθεί ότι αναστέλλει ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών. Όλα τα στελέχη που μελετήθηκαν παρεμποδίστηκαν από έλαιο κορίανδρου, με διαφορετικούς βαθμούς παρεμπόδισης. Το *B. cereus* ήταν το πιο ευαίσθητο στέλεχος καθώς και ένα από τα πολυδύναμα ανθεκτικά κλινικά στελέχη του *A. baumannii*, ενώ ο *P. aeruginosa* ήταν ο πιο ανθεκτικό στην αύξηση της παρεμπόδισης από το έλαιο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που ελήφθησαν, η δραστηριότητα του αιθερίου ελαίου κορίανδρου ήταν υψηλότερο από τη δραστηριότητα του κύριου συστατικού του, linalool. Επιπλέον, όταν χρησιμοποιούνται κλάσματα που λαμβάνονται με κλασματική απόσταξη αιθερίου ελαίου κορίανδρου, το κλάσμα που παρουσιάστηκε ως λιγότερο ισχυρό αλλά αποτελεσματικό έναντι δοκιμασμένων μικροοργανισμών ήταν αυτό που περιείχε περισσότερη συγκέντρωση linalool. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η αντιμικροβιακή δράση οφείλεται σε πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιμέρους στοιχείων του ελαίου που οδηγούν σε μία καθολική δραστηριότητα και όχι μόνο στις επιπτώσεις της linalool, όπως θα μπορούσε να αναμένεται.

Τα στελέχη *S. aureus* που παρεμποδίστηκαν από το έλαιο κορίανδρου δεν βρέθηκαν να είναι σε θέση να αναπαραχθούν σε νέο μέσο καλλιέργειας, υποδεικνύοντας ότι το έλαιο διαθέτει βακτηριοκτόνο δράση, που έχει ήδη περιγραφεί για το *Campylobacter jejuni*.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, γενικά, τα Gram-θετικά βακτήρια είναι λιγότερο ευαίσθητα από τα Gram-αρνητικά βακτήρια για το έλαιο του κορίανδρου. Δεδομένου ότι οι μελέτες που διερευνούν τη δράση των αιθερίων ελαίων κατά των βακτηρίων δεν είναι συναινετικές, για το αν τα αιθέρια έλαια είναι πιο δραστικά έναντι των Gram-θετικών ή των Gram-αρνητικών βακτηρίων, πρέπει να κατανοηθούν περαιτέρω οι επιδράσεις του ελαίου του κορίανδρου στις κυτταρικές λειτουργίες. [49]

5.4 Ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε εδώδιμες μεμβράνες

Τα τελευταία χρόνια διεξήχθησαν σημαντικές έρευνες με σκοπό να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν βιολογικά πολυμερή που παρασκευάζονται από μία ποικιλία γεωργικών προϊόντων και των αποβλήτων των προϊόντων διατροφής. Τέτοια βιοπολυμερή περιλαμβάνουν άμυλα, παράγωγα κυτταρίνης, χιτοζάνη / χιτίνη, κόμμεα, πρωτεΐνες (ζωικής

ή φυτικής) και λιπίδια. Αυτά τα υλικά παρουσιάζουν τη δυνατότητα δημιουργίας λεπτών μεμβρανών και επικαλύψεων σε νωπά ή περαιτέρω επεξεργασμένα τρόφιμα για να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής τους.

Οι μεμβράνες με βάση το άμυλο έχουν εξεταστεί ιδιαίτερα για το λόγο ότι παρουσιάζουν φυσικά χαρακτηριστικά παρόμοια με τα συνθετικά πολυμερή: είναι διαφανείς, άοσμες, άγευστες, ημιδιαπερατές σε CO₂ και ανθεκτικές στη διέλευση O₂. Προκειμένου να βελτιωθούν οι φυσικές και λειτουργικές ιδιότητες των μεμβρανών αμύλου, έχει προταθεί ανάμιξη με άλλα βιοπολυμερή, υδρόφοβες ουσίες και αντιμικροβιακές ενώσεις. Η χιτοζάνη είναι ένα φυσικό πολυμερές υδατάνθρακα που λαμβάνεται με την αποακετυλίωση της χιτίνης, κύριο συστατικό των κελυφών των καρκινοειδών όπως καβούρια, γαρίδες και αστακοί.

Τα θαλάσσια προϊόντα αλλοιώνονται πιο εύκολα από τα πουλερικά και το κόκκινο κρέας καθώς περιέχουν σχετικά μεγάλες ποσότητες ελεύθερων αμινοξέων και πτητικών αζωτούχων βάσεων σε σύγκριση με άλλα κρέατα. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, η ποιότητα των ψαριών μειώνεται γρήγορα, κάτι που είναι απόρροια χημικών και ενζυματικών αντιδράσεων. Η αυξανόμενη ζήτηση για υψηλής ποιότητας φρέσκα θαλασσινά έχουν εντατικοποιήσει την αναζήτηση νέων μεθόδων και τεχνολογιών για καλύτερη διατήρηση των ψαριών. Μία από τις δυνατότητες, είναι η εφαρμογή μίας βρώσιμης μεμβράνης ή επικάλυψης, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες μικροβιακού στρες, στους μύς των φρέσκων ψαριών.

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 τη μείωση των εντεροβακτηρίων όπως επίσης και του σταφυλόκοκκου σε μία μεγάλη τάξη μεγέθους. [51]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6.1 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 μυδιών και χτενιών σε ψύξη, μέσω της χρονικής εξέλιξης της μικροβιακής αλλοίωσης και της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών, της υφής και του χρώματος σε μύδια και χτένια.

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

6.2 Συσκευές, όργανα και υλικά

6.2.1 Υλικά

Για την παρασκευή των δειγμάτων μυδιών και χτενιών χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Μύδια εμπορίου φρέσκα
- Χτένια εμπορίου φρέσκα
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Chitosan
- Επικαλυπτικές μεμβράνες Citrus pectin
- Έλαιο ρίγανης (VIORYL)
- Έλαιο λεμονιού (VIORYL)
- Έλαιο μάραθου (Anise Fennel)
- Έλαιο κορίανδρου
- Υλικό συσκευασιών
- Υπόστρωμα Plate-Count Agar (PCA) (για τις μικροβιολογικές αναλύσεις)
- Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 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
- Απιονισμένο νερό

6.2.2 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-μπλέντερ (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 SMS/6 (κύλινδρος), ενώ για τις αναλύσεις χρώματος χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο CR-200 (Konica-Minolta).

6.3 Πειραματική διαδικασία

Κατά την παραλαβή τους τα μύδια και τα χτενία χωρίζονται σε συσκευασίες των 750g και τοποθετούνται σε καταψύκτη. Για την παρασκευή των δειγμάτων αφήνονται τα μύδια και τα χτενία να αποψυχθούν. Δημιουργούνται δείγματα μυδιών και χτενιών τα οποία επικαλύπτονται με μεμβράνη χιτοζάνης. Για τη μελέτη της πηκτικής ακολουθείται η ίδια διαδικασία και δημιουργούνται αντίστοιχα τα δείγματα. Επίσης, δημιουργούνται δείγματα μυδιών και χτενιών τα οποία επικαλύπτονται με εδώδιμη μεμβράνη χιτοζάνης στην οποία έχουν ενσωματωθεί φυσικά αντιμικροβιακά (έλαιο ρίγανης, έλαιο λεμονιού, έλαιο μάραθου, έλαιο κοριανδρού). Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και για την πηκτική.

6.4 Παρασκευή ομάδας δειγμάτων

Τα μύδια και τα χτενία, αφού αποψυχθούν τοποθετούνται πάνω σε μία σχάρα όπου και απομακρύνεται η περίσσεια υγρασίας. Ακολούθως παρασκευάζεται το διάλυμα των επικαλυπτικών εδώδιμων 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.

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.

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



Εικόνες 1&2: Επιφανειακή ξήρανση μυδιών και χτενιών

Ακολουθεί η συσκευασία των δειγμάτων που γίνεται σε πλαστικές συσκευασίες και αυτά τοποθετούνται στο ψυγείο των 4 °C. Τη στιγμή της εισόδου τους στα ψυγεία καταγράφεται ότι τα δείγματα βρίσκονται στην ημέρα με χρόνο $t=0$.

Θεωρήθηκε ότι το περιεχόμενο των συσκευασιών, και ιδιαίτερα το μικροβιακό τους φορτίο ήταν κατά μέσο όρο 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).

Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

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 αντιμικροβιακή ουσία και διαφορετικό χρόνο αποθήκευσης.

6.5 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.

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 1,5 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.

- *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 καλύμματά τους, αναστρέφονται τοποθετούνται σε σακούλες. Τέλος τοποθετούνται σε επωαστήρα 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 μετρείται 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 εξής:

1. Υπολογίζεται ο μέσος όρος των αποικιών σε κάθε αραιώση.
2. Ο μέσος όρος των αποικιών πολλαπλασιάζεται με $10^3, 10^4, 10^5$ για την 3^η, την 4^η και την 5^η αραιώση αντίστοιχα.
3. Τα γινόμενα που προκύπτουν σε κάθε αραιώση λογαριθμούνται.
4. Υπολογίζεται ο μέσος όρος των λογαριθμημένων γινομένων.

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. Κατά τη μέτρηση τα δείγματα τοποθετούνται οριζόντια στην ειδική περιοχή του αναλυτή και εφαρμόζεται κατακόρυφη πίεση που καταγράφεται σε συνάρτηση με το χρόνο.

Με τη χρήση του στελέχους SMSP/6 (κύλινδρος) 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. Οι τιμές των παραμέτρων που επιλέχθηκαν εμφανίζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Παράμετρος	Τιμή
Test mode speed	10 mm/s
Test speed	3 mm/s
Post-test speed	5 mm/s
Target mode	distance

Distance	5 mm
Count	2
Trigger type	Autoforce
Trigger force	0,049 N
Advanced options	off

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:

Παράμετρος	Τιμή
Test mode speed	10 mm/s
Test speed	3 mm/s
Post-test speed	5 mm/s
Target mode	distance
Distance	5 mm
Trigger type	Autoforce
Trigger force	0,049 N
Advanced options	off

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 κοπιδιού 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 3: Χρωματόμετρο CR-200 των εταιριών Konica-Minolta

Το συγκεκριμένο χρωματόμετρο ποσοτικοποιεί το χρώμα με βάση το τρισδιάστατο χρωματικό σύστημα CIE Lab που ανέπτυξε η CIE (Commision 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 χρωματόμετρα.

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

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^* (παράμετροι 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:

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

Όπου τα W_{br} και W_{ar} εκφράζουν το βάρος των μυδιών και των χτενιών πριν και μετά τη ψύξη αντίστοιχα.

Μέτρηση pH

Αρχικά 10 g δείγματος μυδιών ή χτενιών 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 συναρτήσει του χρόνου για τον έλεγχο της αλλοίωσης.

Volatile Nitrogen

Αρχικά λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα μυδιών ή χτενιών 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 (VTMA).
- Το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του TVBN (VTVBN)

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 10 mL 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 μεθειικό 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:

$$TVBN \left(\frac{mgN}{100g \text{ αρχ. δείγμ.}} \right) = \frac{1,4 \cdot (V_{H_2SO_4 \text{ δειγμ.}} - V_{H_2SO_4 \text{ τυφ}}) \cdot 100 \cdot V_{\text{extr.}}}{30 \cdot V_{TVBN}}$$

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:

$$TMA \left(\frac{mgN}{100g \text{ αρχ. δειγμ.}} \right) = \frac{1,4 \cdot (V_{H_2SO_4 \text{ δειγμ.}} - V_{H_2SO_4 \text{ τυφ.}}) \cdot 100 \cdot V_{extr.}}{30 \cdot V_{TMA}}$$

6.6 Σχεδιασμός των πειραμάτων

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων δημιουργούνται ομάδες δειγμάτων που περιλαμβάνουν, τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης χωρίς ενσωμάτωση σε αυτή κάποιας αντιμικροβιακής ουσίας και τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη πηκτίνης. 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 ρίγανης, τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης και ενσωματωμένη σε αυτή αντιμικροβιακή ουσία έλαιο λεμονιού, όπως επίσης και αυτά στα οποία προστέθηκαν έλαιο μάραθου και έλαιο κορίανδρου. Τέλος για κάθε μία σειρά δειγμάτων δημιουργούνται τα τυφλά δείγματα χωρίς επικαλυπτική εδώδιμη μεμβράνη και αντιμικροβιακή ουσία. Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε και για την πηκτίνη.

6.7 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 έξι λογιστικά φύλλα. Το πρώτο από αυτά αφορούσε τα δείγματα με επικάλυψη εδώδιμων μεμβρανών και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε μύδια όπου εξετάζονταν όλες οι μετρήσιμες ιδιότητες. Τα επόμενα δύο λογιστικά φύλλα αφορούν τα ίδια δείγματα μόνο που εξετάστηκαν οι μικροβιολογικές αναλύσεις στο ένα και η % απώλεια βάρους στο άλλο. Ο λόγος που έγινε αυτός ο διαχωρισμός οφείλεται στο γεγονός ότι διέφεραν οι χρόνοι δειγματοληψίας των μικροβιολογικών αναλύσεων και της % απώλειας βάρους τόσο μεταξύ τους όσο και με τις υπόλοιπες μετρήσιμες ιδιότητες. Τα επόμενα τρία λογιστικά φύλλα είναι ακριβώς τα ίδια με τα προηγούμενα τρία με τη διαφορά ότι τα δείγματα ήταν χτένια.

Στις πρώτες στήλες του πρώτου και του τέταρτου λογιστικού φύλλου, καταχωρήθηκαν οι εξεταζόμενοι παράγοντες (εδώδιμη μεμβράνη, ενσωματούμενη αντιμικροβιακή ουσία στη μεμβράνη και χρόνος αποθήκευσης) και τα επίπεδα καθενός από αυτούς, ενώ στις υπόλοιπες στήλες καταχωρήθηκαν το pH, η περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA), το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN), φωτεινότητα, το ολικό χρώμα, η σκληρότητα με βάση την κοπή, η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση, η ελαστικότητα, η συνεκτικότητα, το κομμώδες και η μασητικότητα. Όμοια διαδικασία συγγραφής των υπόλοιπων φύλλων ακολουθήθηκε, με τη διαφορά ότι στις στήλες με τις ιδιότητες προστέθηκαν μόνο η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) ή η % απώλεια βάρους ανάλογα την περίπτωση.

Για την εύρεση των παραγόντων που είχαν σημαντική επίδραση, σε κάθε ένα από τα παραπάνω εξεταζόμενα χαρακτηριστικά πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις διακύμανσης (ANOVA). 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, τα τρία λογιστικά φύλλα για τα μύδια συγχωνεύθηκαν σε ένα και 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. Παρόμοια συγχώνευση πραγματοποιήθηκε και για τα χτένια.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής μελέτης παρουσιάζονται αναλυτικά σε πίνακες στο παράρτημα. [18]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Αποτελέσματα και Συζήτηση

7.1 Εισαγωγή

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση το ιχθυρό προϊόν που μελετήθηκε, και τις εδώδιμες μεμβράνες και τις ενσωματούμενες σε αυτές αντιμικροβιακές ουσίες που εξετάστηκαν.

Στην 1^η σειρά παρατίθενται τα αποτελέσματα για τα μύδια με βάση τις χρησιμοποιηθείσες εδώδιμες μεμβράνες καθώς και τις ενσωματωθείσες σε αυτές αντιμικροβιακές ουσίες. Οι επικαλύψεις που σχηματίστηκαν είναι χιτοζάνης και πηκτίνης, ενώ τα αντιμικροβιακά που προστέθηκαν σε αυτές είναι έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα 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) και του ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) των δειγμάτων. Έπειτα 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 κομμώδες, τη μασητικότητα, τη φωτεινότητα και το ολικό χρώμα αυτών.

Στην 2^η σειρά παρατίθενται ομοίως, τα αποτελέσματα για τα χτένια με βάση τις χρησιμοποιηθείσες εδώδιμες μεμβράνες καθώς και τις ενσωματωθείσες σε αυτές αντιμικροβιακές ουσίες. Τόσο οι εδώδιμες μεμβράνες όσο και οι αντιμικροβιακές ουσίες είναι οι ίδιες που χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση των μυδιών. Όπως και στην προηγούμενη σειρά δειγμάτων παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για όλες τις παραμέτρους: την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), την % απώλεια βάρους, το pH, την τριμεθυλαμίνη (TMA), το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN), τη σκληρότητα με κοπίδι, τη σκληρότητα με κύλινδρο, την ελαστικότητα, τη συνεκτικότητα, το κομμώδες, τη μασητικότητα, τη φωτεινότητα και τη μεταβολή του ολικού χρώματος των δειγμάτων.

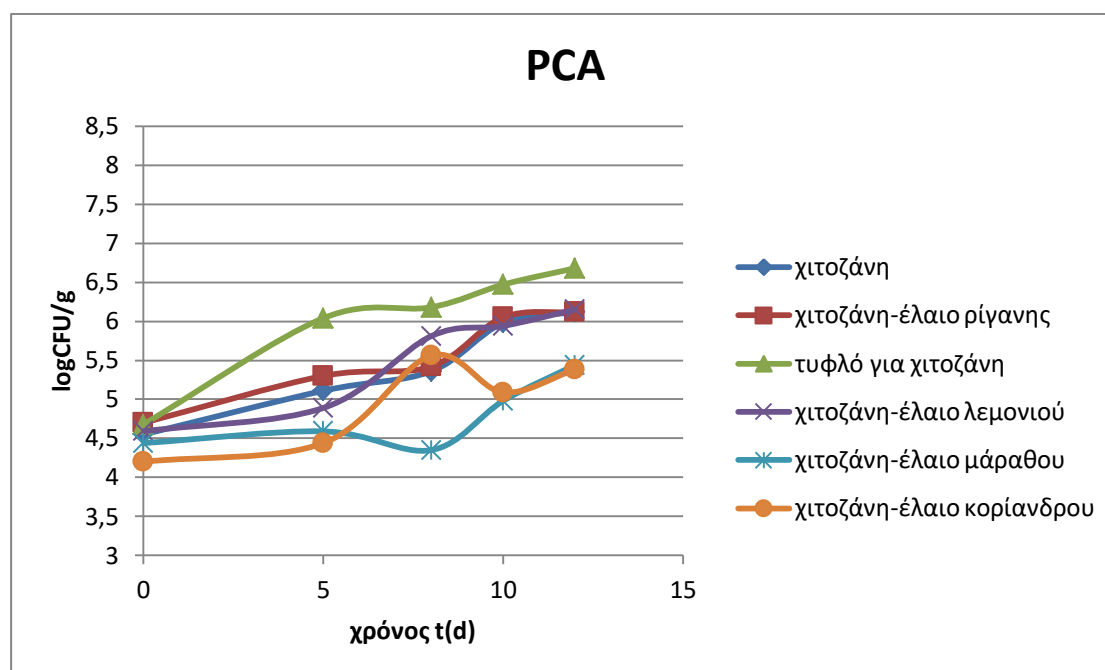
Στο τέλος κάθε σειράς δειγμάτων παρατίθεται η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA) για τη μελέτη της συσχέτισης όλων των εξεταζόμενων μεταβλητών στα δείγματα.

7.2 1^η σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

7.2.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

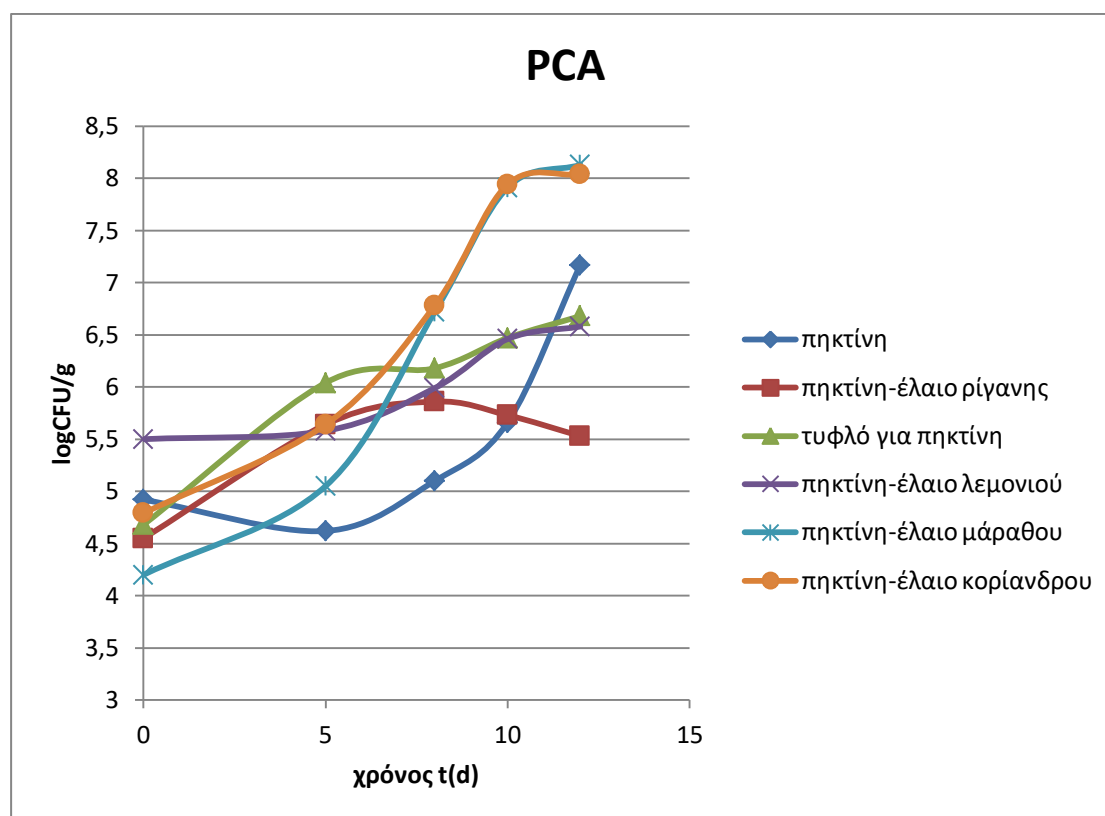
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Παρατηρείται γενικώς αύξηση της τιμής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Στο τέλος των 12 ημερών αποθήκευσης διαπιστώνεται ότι τα δείγματα με τα έλαια μάραθου και κορίανδρου εμφανίζουν τα χαμηλότερα επίπεδα μικροβιακής αλλοίωσης. Το δείγμα με χιτοζάνη καθώς και αυτά με τα έλαια ρίγανης και λεμονιού παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά κατά τις 12 ημέρες αποθήκευσης. Το τυφλό δείγμα υφίσταται με διαφορά τη μεγαλύτερη μικροβιακή αλλοίωση. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η χιτοζάνη έχει ανασταλτική δράση έναντι της μικροβιακής αλλοίωσης, μία δράση η οποία ενισχύεται σημαντικά με την παρουσία των ελαίων μάραθου και κορίανδρου.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

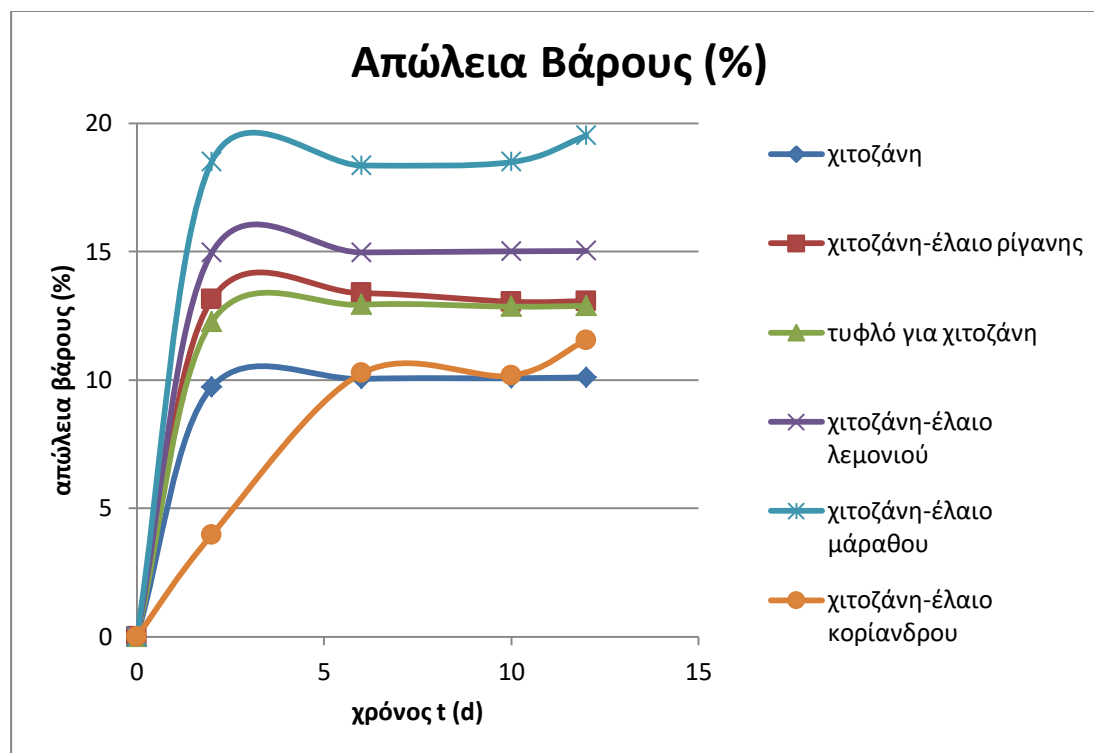
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα το δείγμα πηκτίνης καθώς και αυτά με τα έλαια μάραθου και κορίανδρου παρουσιάζουν μεγαλύτερη μικροβιακή αλλοίωση από το τυφλό δείγμα. Το δείγμα με έλαιο λεμονιού παρουσιάζει ίδια συμπεριφορά με το τυφλό, ενώ το δείγμα με έλαιο ρίγανης παρουσιάζει μειωμένη μικροβιακή αλλοίωση σε σχέση με το τυφλό. Να σημειωθεί ότι το δείγμα με έλαιο ρίγανης παρουσιάζει πτωτικές τάσεις μετά τις 8 ημέρες κάτι που μάλλον οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι η πηκτίνη δεν εμφανίζει καμία προστασία έναντι της μικροβιακής αλλοίωσης σε εύρος 12 ημερών καθώς και τα ενσωματωμένα σε αυτήν αντιμικροβιακά υλικά.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο η μεμβράνη που χρησιμοποιείται όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην αύξηση του φορτίου της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA), κάτι που δεν ισχύει για τα αντιμικροβιακά. Το Duncan test για το είδος της μεμβράνης έδειξε ότι είτε το δείγμα επικαλύπτεται με πηκτίνη είτε όχι (τυφλό) παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά. Τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η εδώδιμη μεμβράνη της χιτοζάνης. Το μικροβιακό φορτίο παρουσίασε σημαντικές διαφορές και μάλιστα μέχρι τις 5 ημέρες διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα ενώ στη συνέχεια παρουσίασε μία ανοδική πορεία μέχρι τις 8 ημέρες αποθήκευσης και τέλος από την $t=10$ μέχρι την $t=12$ παρουσίασε έντονη αύξηση.

7.2.2 % Απώλεια Βάρους

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της % απώλειας βάρους για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

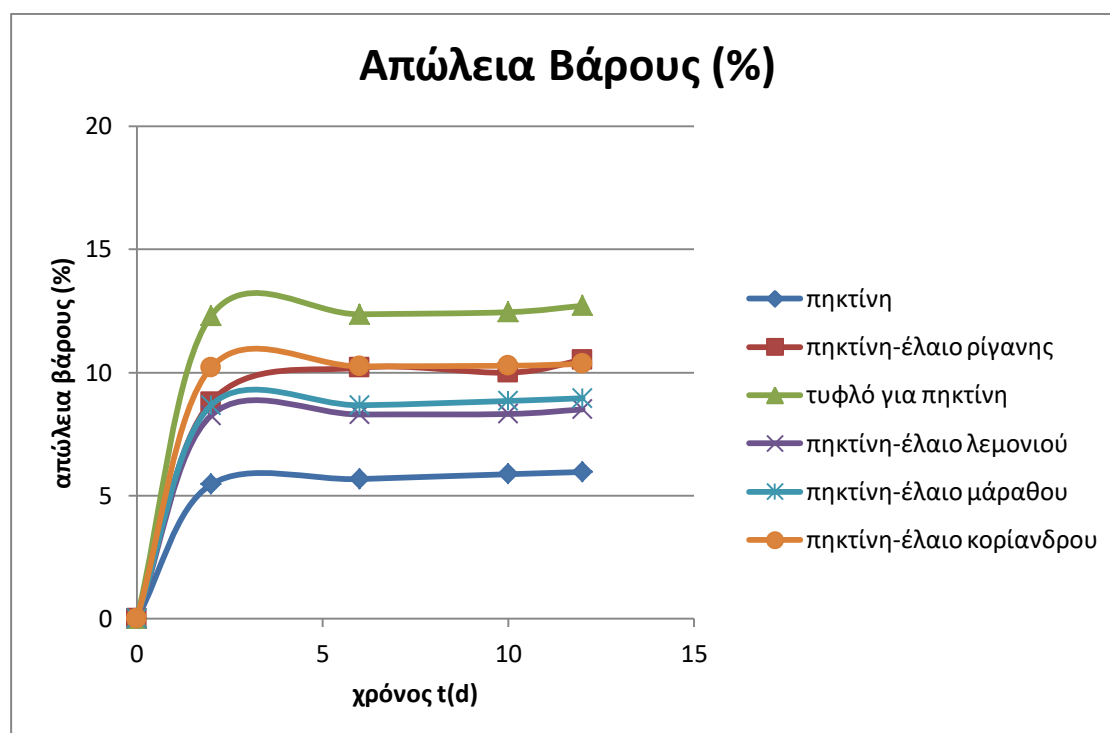
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Η απώλεια βάρους εμφανίζει απότομη αύξηση κατά τη διάρκεια των 2 πρώτων ημερών αποθήκευσης σε ψύξη, ενώ στη συνέχεια έχει σταθεροποιητική τάση. Η χιτοζάνη τόσο μόνη της, όσο και με ενσωμάτωση ελαίου κορίανδρου έδωσε καλά αποτελέσματα στη διατήρηση του βάρους των δειγμάτων, σε αντίθεση με τα δείγματα με έλαια ρίγανης, λεμονιού και μάραθου που έδειξαν «χειρότερη» συμπεριφορά από το τυφλό δείγμα.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

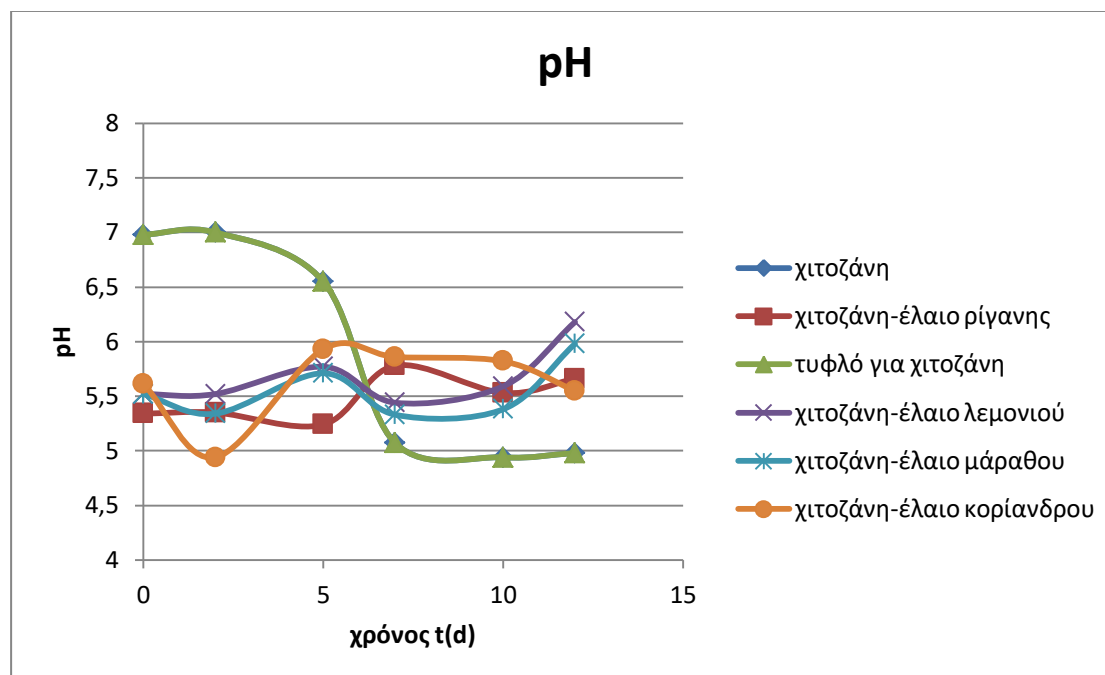
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η απώλεια βάρους αυξάνεται απότομα τις 2 πρώτες ημέρες αποθήκευσης ενώ για τις επόμενες 10 ημέρες έχει σταθερή τάση. Όλα τα δείγματα έδειξαν καλή συμπεριφορά στη διατήρηση βάρους των μυδιών, με το δείγμα που εμβαπτίστηκε σε πηκτίνη χωρίς την προσθήκη κάποιας αντιμικροβιακής ουσίας να διατηρεί το βάρος του πολύ πιο αποτελεσματικά σε σχέση με τα άλλα δείγματα.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι τόσο το είδος της μεμβράνης και του αντιμικροβιακού όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην απώλεια βάρους. Όσον αφορά το είδος της μεμβράνης η χιτοζάνη και το τυφλό δείγμα έχουν παρόμοια επίδραση στην απώλεια βάρους. Καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η πηκτίνη. Για το είδος της αντιμικροβιακής ουσίας προκύπτει ότι το δείγμα χωρίς αντιμικροβιακό και τα δείγματα με έλαια ρίγανης, λεμονιού και κορίανδρου έχουν παρόμοια συμπεριφορά και αποτελούν μία ομάδα. Από την άλλη, μία ομάδα με παρόμοια απώλεια βάρους είναι τα δείγματα με έλαια ρίγανης, λεμονιού και μάραθου. Η % απώλεια βάρους ως προς το χρόνο παρουσίασε σημαντικές διαφορές καθώς τις δύο πρώτες ημέρες αυξήθηκε απότομα ενώ τις υπόλοιπες ημέρες αποθήκευσης παρέμεινε σχεδόν σταθερή.

7.2.3 Αναλύσεις pH

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του pH για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

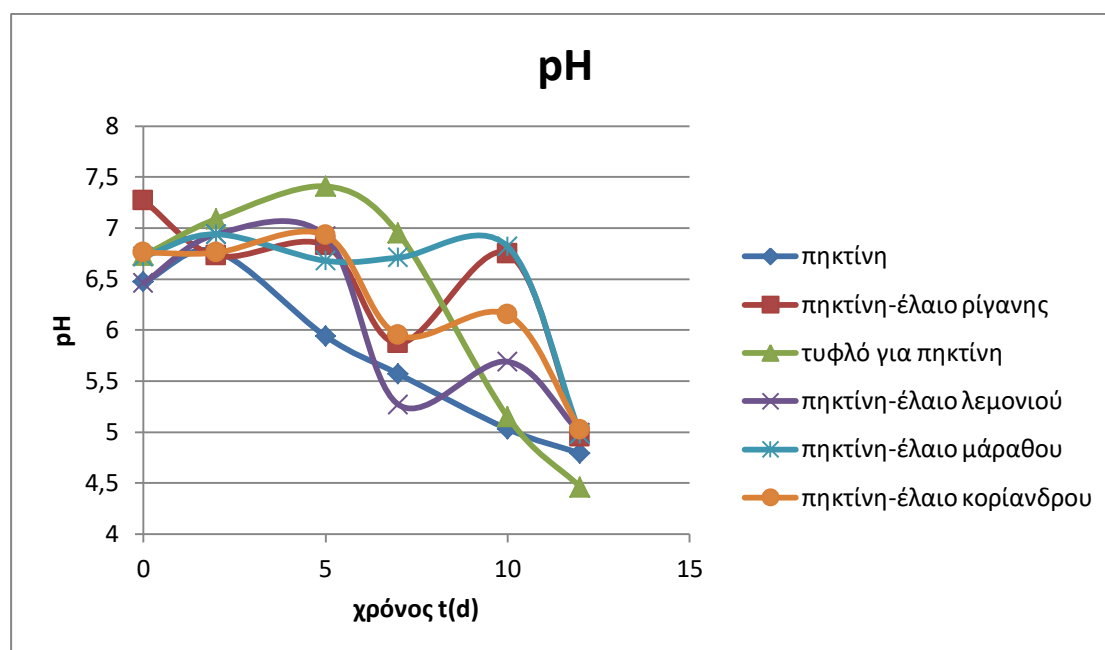
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα μεταβολής του pH για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Το δείγμα με έλαιο ρίγανης παρουσιάζει γενικά μία σταθερή τάση του pH, κάτι που καταφέρνουν σε λιγότερο βαθμό τα υπόλοιπα δείγματα, καθώς παρουσιάζουν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια των 12 ημερών που διατηρήθηκαν σε ψύξη. Να σημειωθεί ότι παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στο τυφλό δείγμα σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι εν γένει η χιτοζάνη επέδρασε θετικά στο θέμα της μεταβολής του pH.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα μεταβολής του pH για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

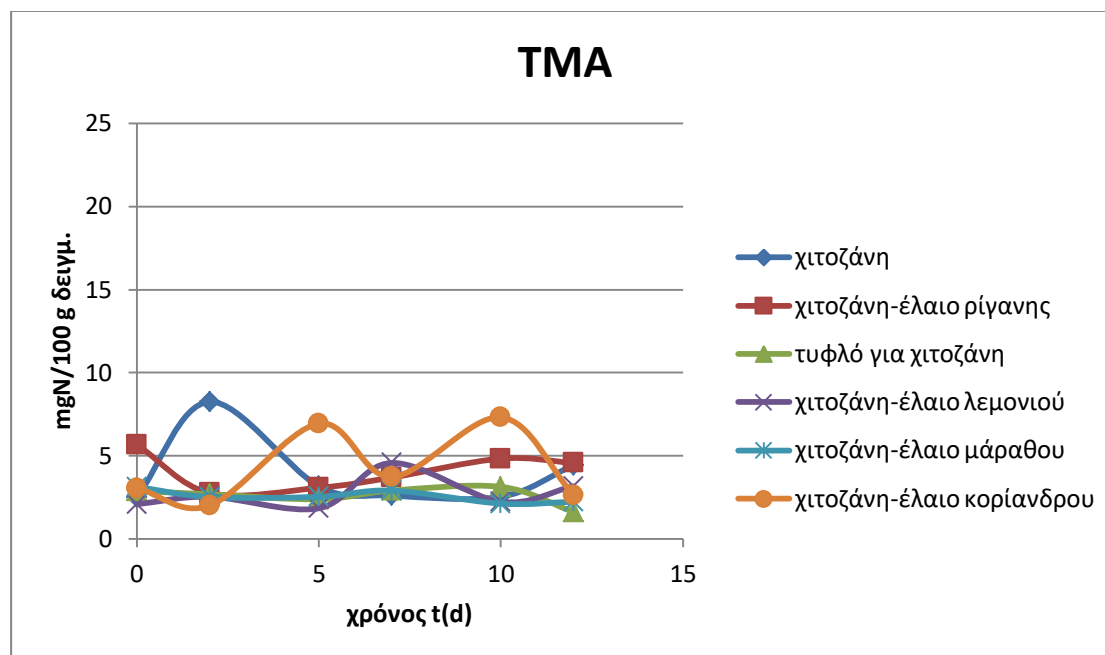
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υπάρχουν αρκετά μεγάλες μεταβολές του pH για όλα τα δείγματα, με κάποια από αυτά να εμφανίζουν αυξομειώσεις και κάποια άλλα σταθερή πτωτική τάση σε διάρκεια 12 ημερών αποθήκευσης. Σημαντικές διαφορές στο pH των δειγμάτων με πηκτίνη και αντιμικροβιακά δεν υπάρχουν με το τυφλό δείγμα, κάτι που δείχνει πως η πηκτίνη δεν είναι η κατάλληλη μεμβράνη για τη διατήρηση του pH.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν το είδος της μεμβράνης και ο χρόνος αποθήκευσης επέδρασαν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο pH. Το Dunckan test για το είδος της μεμβράνης έδειξε ότι όταν το δείγμα επικαλύπτεται με πηκτίνη ή όταν δεν επικαλύπτεται καθόλου (τυφλό) παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά στο pH. Η χιτοζάνη έδωσε ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα. Το pH παρουσίασε σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο καθώς μέχρι και την 5^η ημέρα αποθήκευσης διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα (6,37 κατά μ.ο.), ενώ από την 7^η μέχρι και την 12^η ημέρα αποθήκευσης υπήρχε μία σοβαρή πτώση σχεδόν κατά μία μονάδα (5,53 κατά μ.ο.).

7.2.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

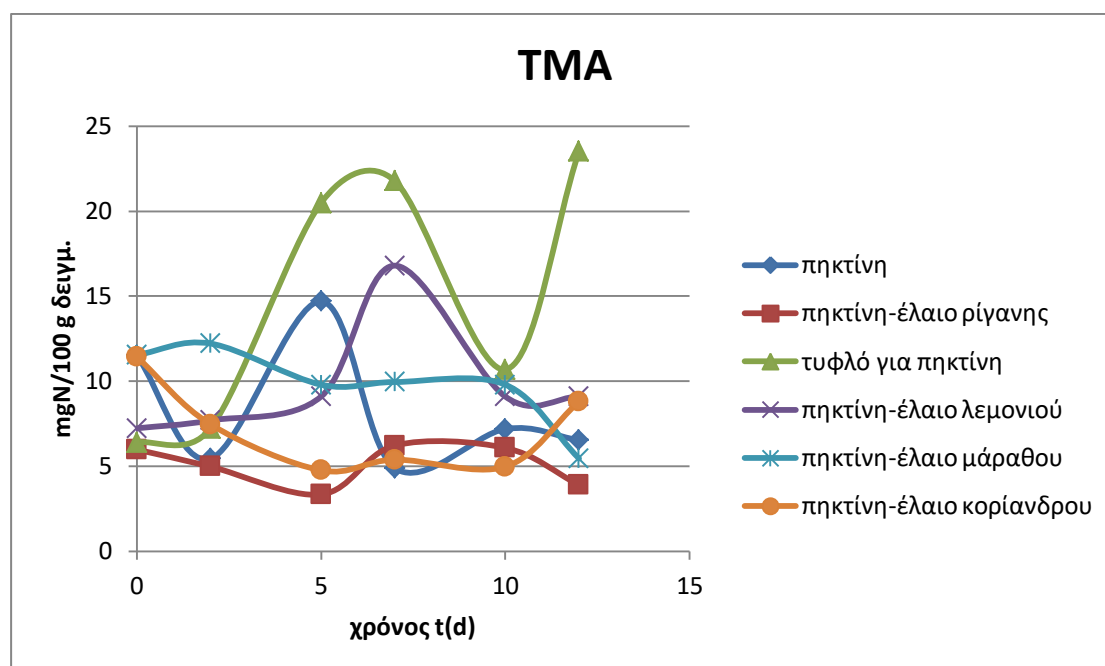
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα μεταβολής της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Η τιμή της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) παρουσιάζει μία σταθερή σχετικά πορεία για το τυφλό δείγμα καθώς και για εκείνα με έλαια ρίγανης και μάραθου. Από την άλλη, τα δείγματα της χιτοζάνης καθώς και αυτά στα οποία ενσωματώθηκαν έλαια λεμονιού και κορίανδρου εμφανίζουν έντονες αυξομειώσεις στην πάροδο των 12 ημερών αποθήκευσης.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα μεταβολής της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

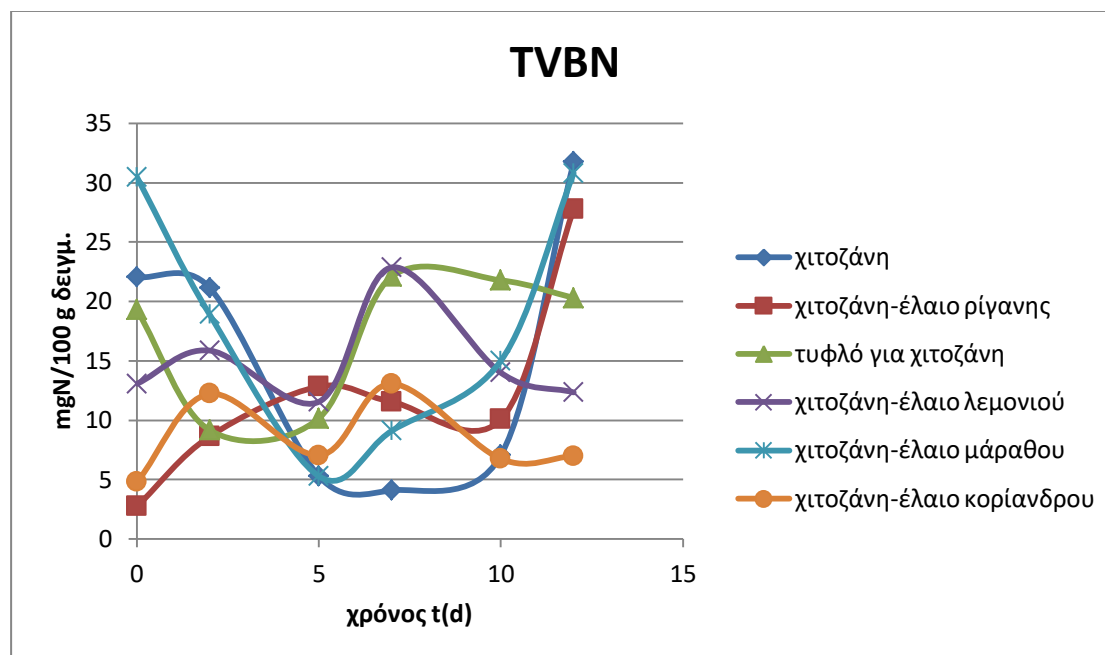
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα κρατάνε την τριμεθυλαμίνη σε χαμηλότερες τιμές σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεσματικότερα φαίνονται τα δείγματα με πηκτίνη καθώς και αυτά με έλαιο ρίγανης και έλαιο κορίανδρου. Σταθερότερη συμπεριφορά σε όλη τη διάρκεια των 12 ημερών αποθήκευσης παρουσιάζουν τα δύο τελευταία. Γενικά η επικάλυψη της πηκτίνης διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα την τριμεθυλαμίνη, ιδιαίτερα όταν σε αυτήν προστεθεί η κατάλληλη αντιμικροβιακή ουσία.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το είδος της μεμβράνης επέδρασε σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA). Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι η χιτοζάνη διατηρεί σε χαμηλότερα επίπεδα την παραγόμενη τριμεθυλαμίνη σε σύγκριση με τα τυφλά ή τα επικαλυμμένα με πηκτίνη δείγματα.

7.2.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του περιεχόμενου ολικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

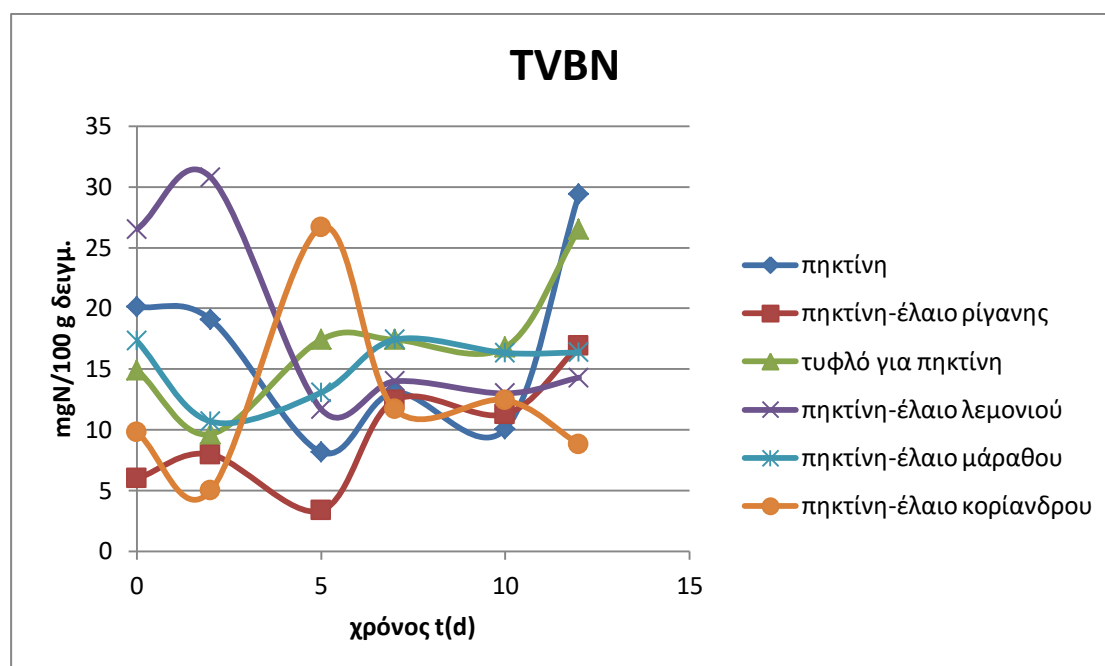
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 9: Διάγραμμα μεταβολής περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Τα δείγματα με χιτοζάνη καθώς και αυτά με έλαια ρίγανης και μάραθου έδειξαν αύξηση του περιεχόμενου ολικού αζώτου στις 12 ημέρες αποθήκευσης σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Να σημειωθεί ότι αυτά τα δείγματα είχαν μεγάλες αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη. Παραπλήσια συμπεριφορά του τυφλού δείγματος έδειξε το δείγμα με έλαιο λεμονιού ενώ ικανοποιητικά αποτελέσματα έδωσε το έλαιο κορίανδρου.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 10: Διάγραμμα μεταβολής περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

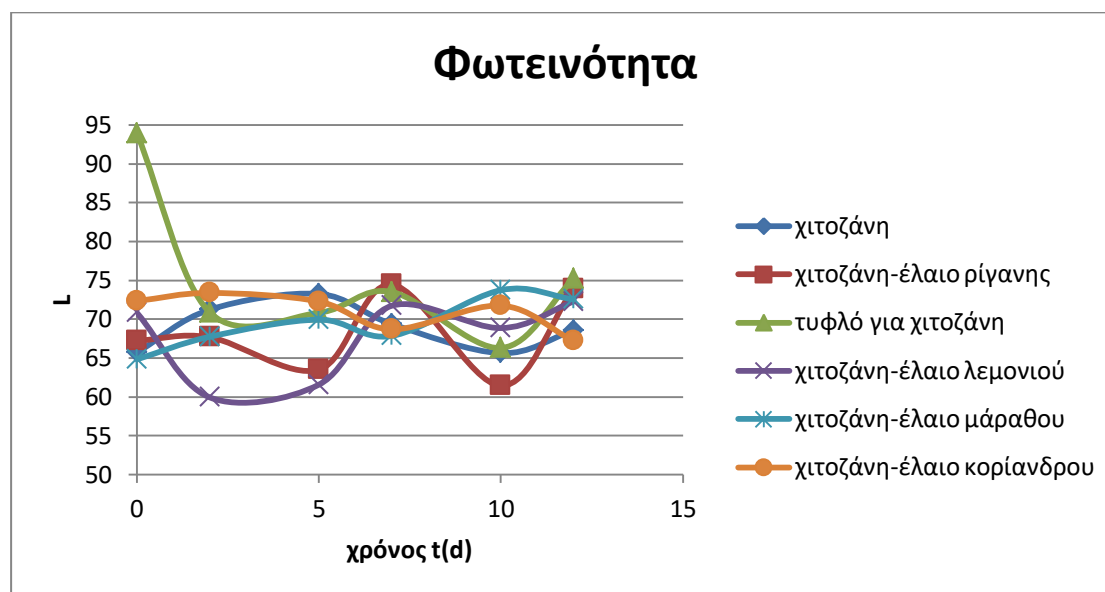
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα το δείγμα με πηκτίνη παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά με το τυφλό δείγμα. Τα δείγματα με αντιμικροβιακά έδωσαν καλά αποτελέσματα στον περιορισμό της τιμής του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου σε όλη τη διάρκεια των 12 ημερών αποθήκευσης με εξαίρεση το δείγμα με έλαιο λεμονιού που για τις 2 πρώτες ημέρες είχε αυξημένη τιμή TVBN.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι το είδος του αντιμικροβιακού και ο χρόνος επέδρασαν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή του περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN). Τα δείγματα με έλαια ρίγανης και κορίανδρου αποτελούν μία ομάδα και διαφέρουν σημαντικά από τα δείγματα με έλαια λεμονιού, μάραθου και από αυτό στο οποίο δεν έχει ενσωματωθεί κανένα αντιμικροβιακό. Το περιεχόμενο ολικό οργανικό άζωτο παρουσίασε σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο αποθήκευσης καθώς μέχρι τις 10 ημέρες αποθήκευσης είχε χαμηλές τιμές. Στη συνέχεια παρατηρήθηκε μία αύξηση αυτού στις 12 ημέρες αποθήκευσης.

7.2.6 Φωτεινότητα

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της φωτεινότητας για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C. Να σημειωθεί ότι για την καλύτερη προσπάθεια της μελέτης της μεταβολής της φωτεινότητας επιλέχθηκαν μύδια με πιο λευκό χρώμα.

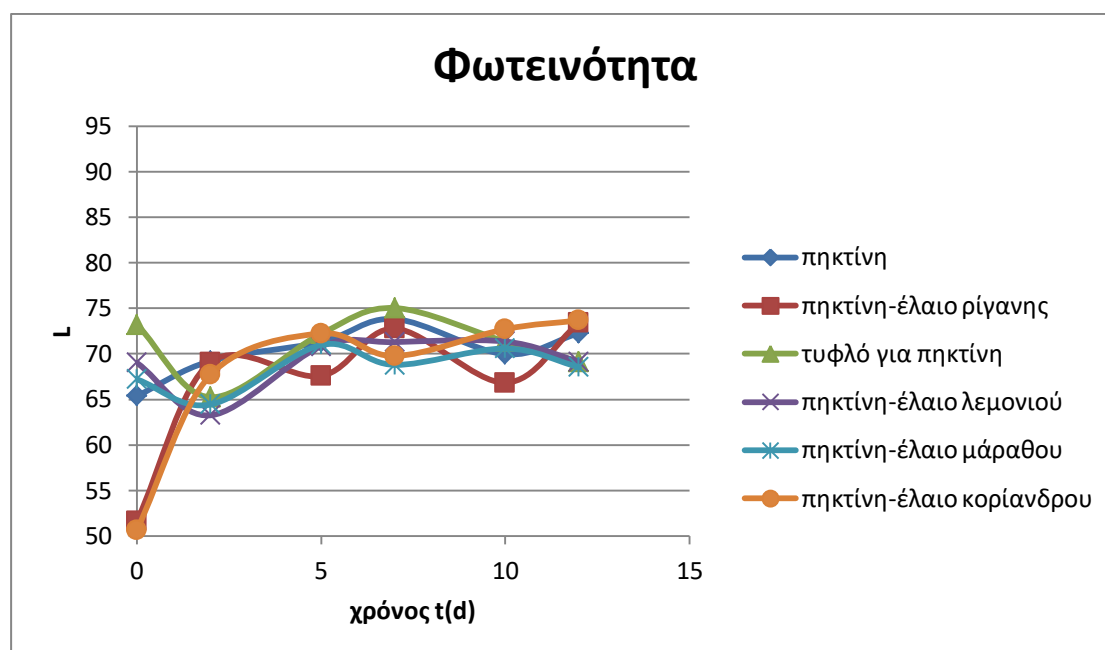
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Γενικά όλα τα δείγματα παρουσιάζουν παραπλήσιες τιμές φωτεινότητας. Παρατηρούνται αρκετές αυξομειώσεις, με τα πιο σταθερά δείγματα να είναι αυτά με το έλαιο μάραθου και το έλαιο κορίανδρου. Γίνεται αντιληπτό ότι η χιτοζάνη καθώς και τα ενσωματωμένα σε αυτήν αντιμικροβιακά δεν επηρεάζουν αισθητά την φωτεινότητα των δειγμάτων.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 12: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

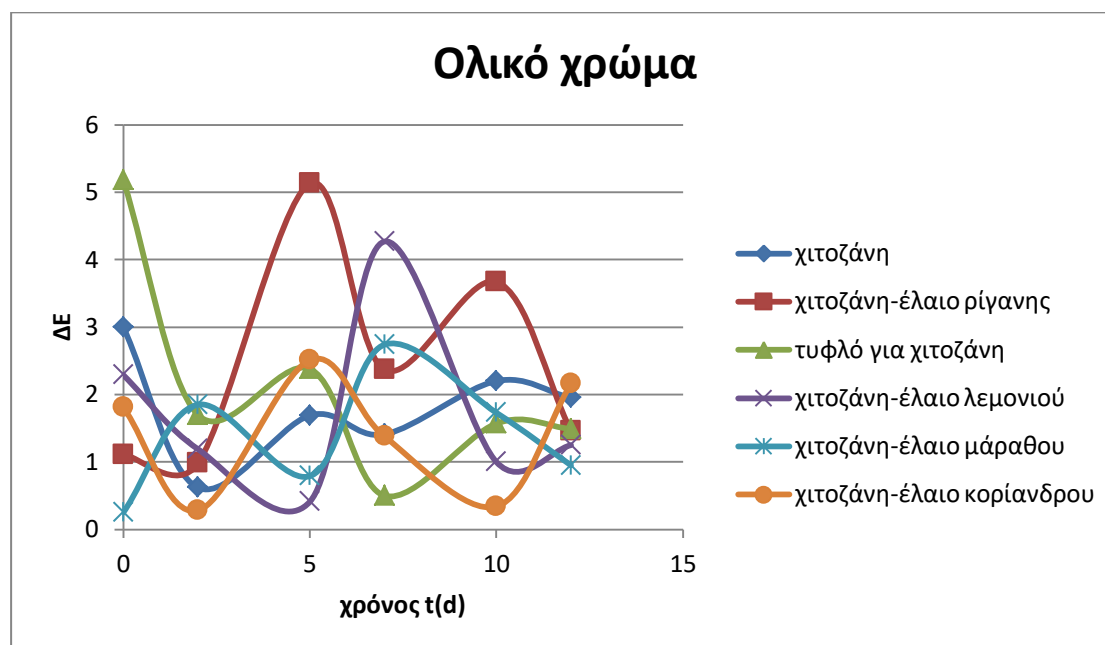
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα παρουσιάζουν παρόμοιες μεταβολές και παραπλήσιες τιμές φωτεινότητας. Οι μεγαλύτερες μεταβολές μεταξύ πρώτης και τελευταίας ημέρας αποθήκευσης διαπιστώνονται για τα δείγματα με έλαια ρίγανης και κορίανδρου. Είναι κατανοητό λοιπόν από τα παραπάνω, ότι η πηκτίνη και οι αντιμικροβιακές ουσίες που προστέθηκαν σε αυτήν δεν έχουν σημαντική επίδραση στην φωτεινότητα των δειγμάτων.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$).

7.2.7 Μεταβολή του ολικού χρώματος

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του ολικού χρώματος για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C. Να σημειωθεί ότι για την καλύτερη προσπάθεια της μελέτης της μεταβολής του ολικού χρώματος επιλέχθηκαν μύδια με πιο λευκό χρώμα.

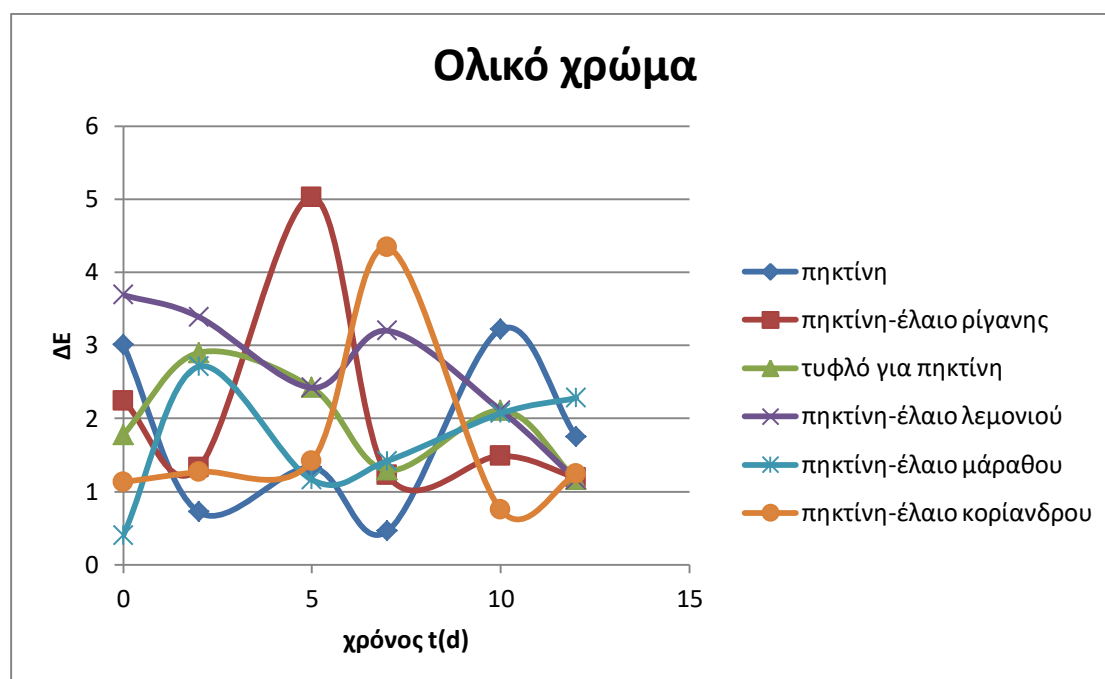
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια των 12 ημερών αποθήκευσής τους. Πιο έντονες μεταβολές στο ολικό χρώμα παρουσιάζουν το τυφλό δείγμα, το δείγμα με έλαιο ρίγανης καθώς και αυτό με έλαιο λεμονιού. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η επικάλυψη χιτοζάνης δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διατήρηση του ολικού χρώματος των μυδιών.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

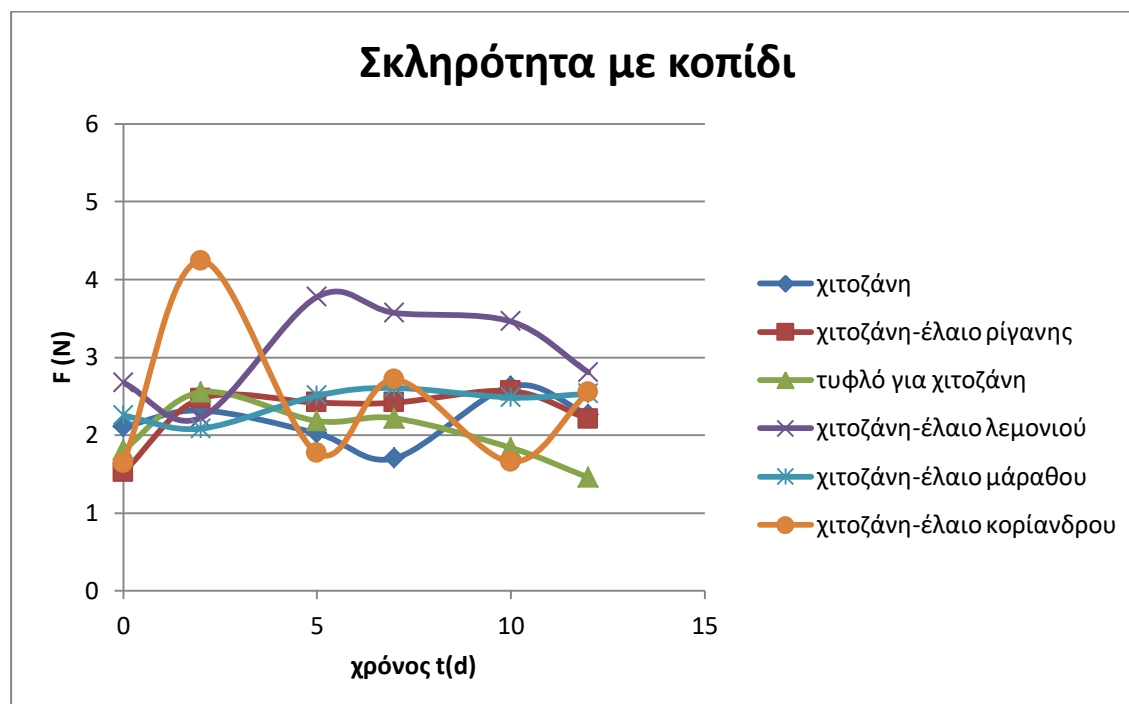
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υπάρχουν αυξομειώσεις σε όλα τα δείγματα. Συγκρίνοντας όμως τη συνολική μεταβολή του χρώματος διαπιστώνεται ότι δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ του τυφλού δείγματος και των δειγμάτων με έλαια ρίγανης και κορίανδρου. Το μόνο δείγμα που παρά τις αυξομειώσεις που είχε, έτεινε να σταθεροποιηθεί ήταν αυτό με το έλαιο μάραθου. Κατ' επέκταση η επικάλυψη πηκτίνης δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διατήρηση του ολικού χρώματος των μυδιών.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$).

7.2.8 Σκληρότητα βάσει της κοπής

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της κοπής για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C. Να σημειωθεί ότι για την καλύτερη προσπάθεια της μελέτης της μεταβολής της σκληρότητας βάσει της κοπής, τα μύδια που επρόκειτο να υποστούν κοπή τοποθετούνταν με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε το κοπίδι να «κόβει» κατά μήκος του μεγάλου άξονα του μυδιού.

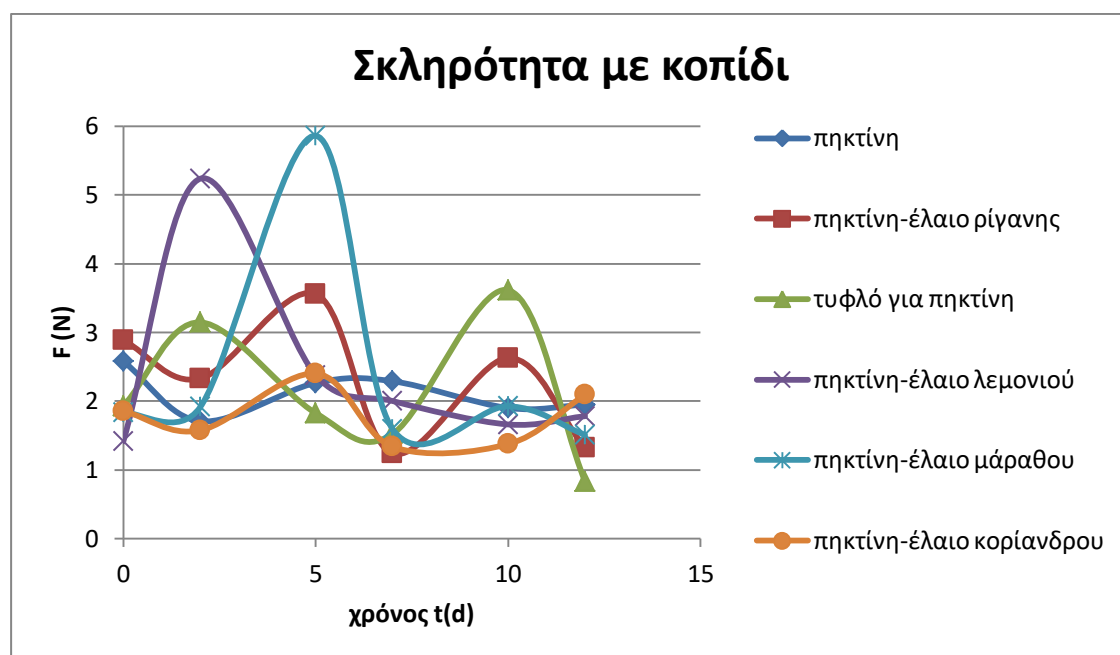
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Παρατηρούνται κάποιες αυξομειώσεις στη σκληρότητα των δειγμάτων των μυδιών. Συνολικά η σκληρότητα των δειγμάτων είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του τυφλού. Το δείγμα με έλαιο λεμονιού είναι αυτό που διατηρεί για περισσότερο χρόνο τη σκληρότητά του.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 16: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

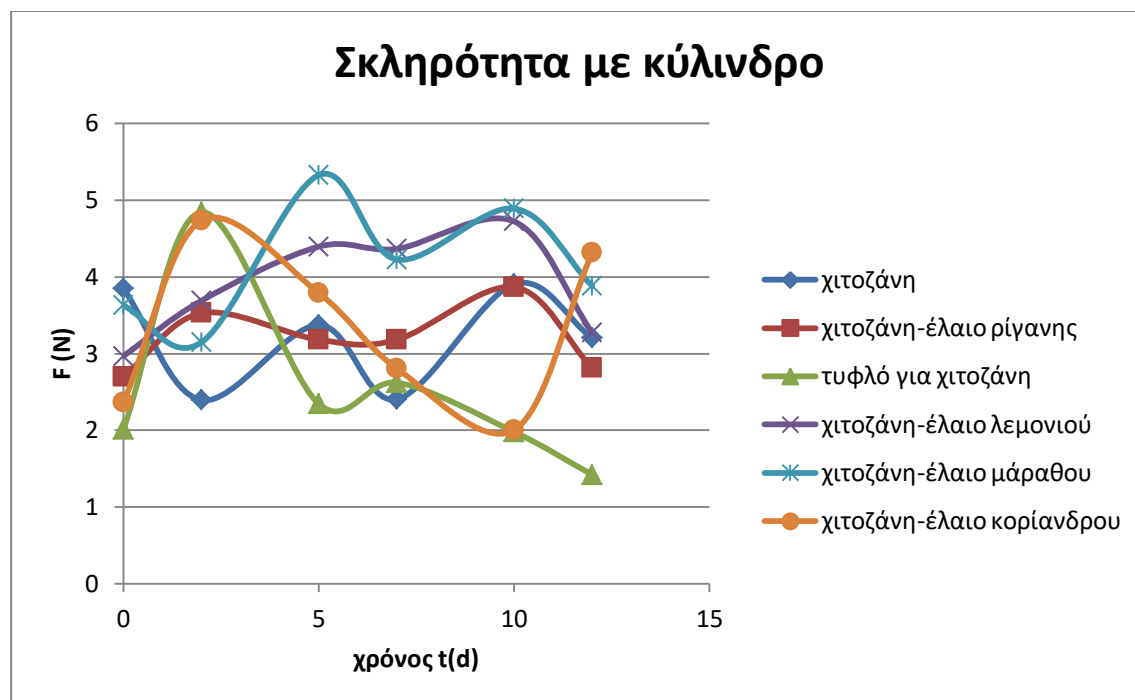
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα σε όλα τα δείγματα παρουσιάζονται αυξομειώσεις, με εξαίρεση το δείγμα με πηκτίνη που έχει σταθερή και εν τέλει πτωτική τάση. Παρατηρείται ότι τα επικαλυμμένα με πηκτίνη δείγματα, με ή χωρίς αντιμικροβιακό, διατηρούν για περισσότερο χρόνο τη σκληρότητά τους σε σχέση με το τυφλό.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$).

7.2.9 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

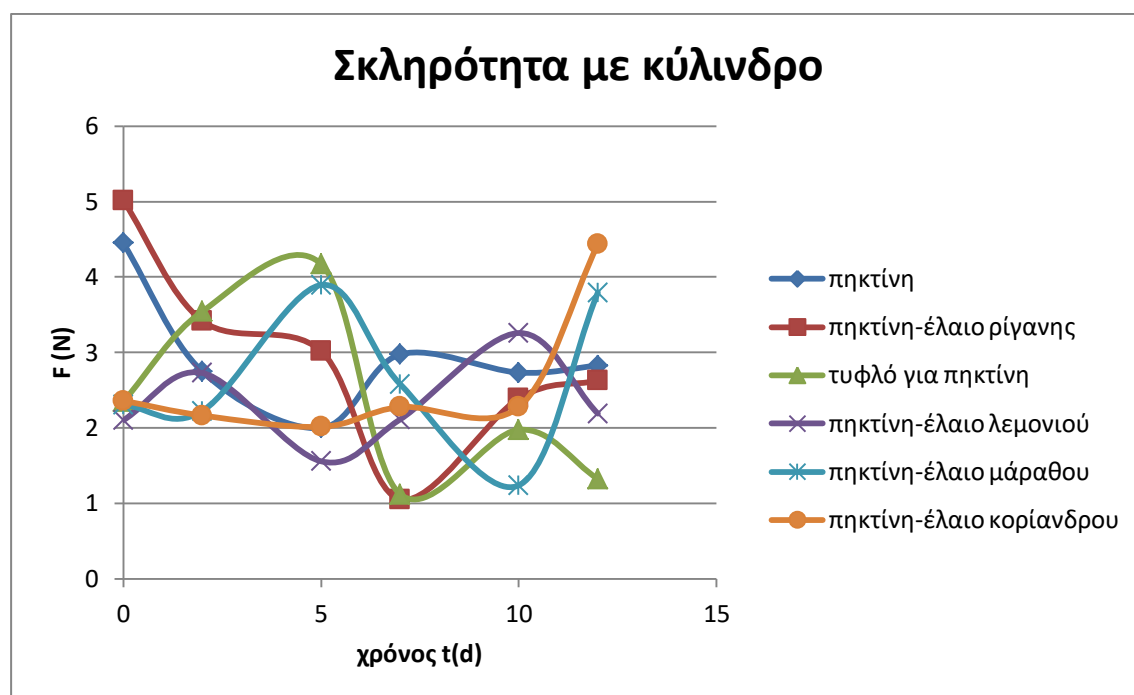
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 17: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Γενικά όλα τα δείγματα έχουν αυξομειώσεις με το δείγμα με έλαιο ρίγανης να παρουσιάζει μία πιο σταθερή συμπεριφορά. Είναι αντιληπτό όμως ότι η σκληρότητα με κύλινδρο είναι αυξημένη στα δείγματα με χιτοζάνη καθώς και στα υπόλοιπα που έχουν αντιμικροβιακό σε σχέση με το τυφλό.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 18: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

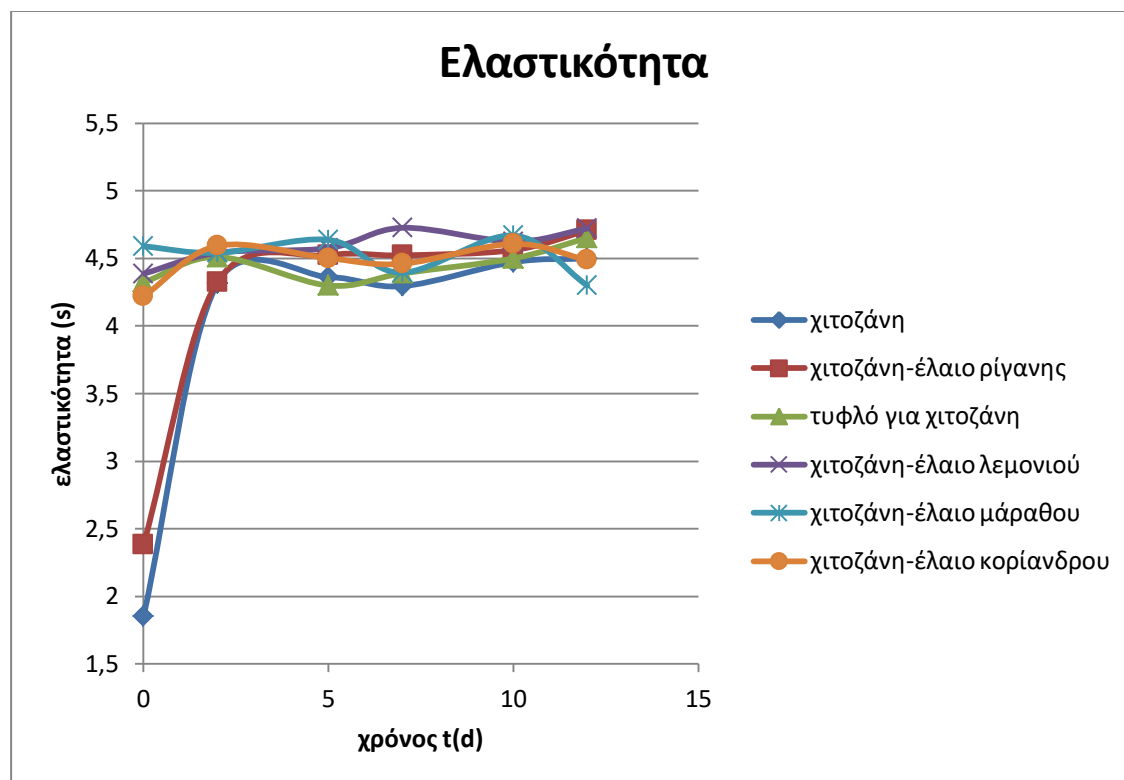
Τα δείγματα με έλαια ρίγανης και πηκτίνη έχουν πτωτική κι ύστερα αυξητική τάση, ενώ τα δείγματα με έλαια λεμονιού και κορίανδρου παρουσιάζουν σταθερότητα στη σταθερότητα. Το τυφλό και το δείγμα με έλαιο μάραθου παρουσιάζουν παραπλήσια συμπεριφορά. Τελικά όμως όλα τα δείγματα έχουν αυξημένη σκληρότητα με κύλινδρο σε σχέση με το τυφλό.

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 των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης και των δειγμάτων με πηκτίνη και χωρίς καμία επικάλυψη (τυφλό).

7.2.10 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της ελαστικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

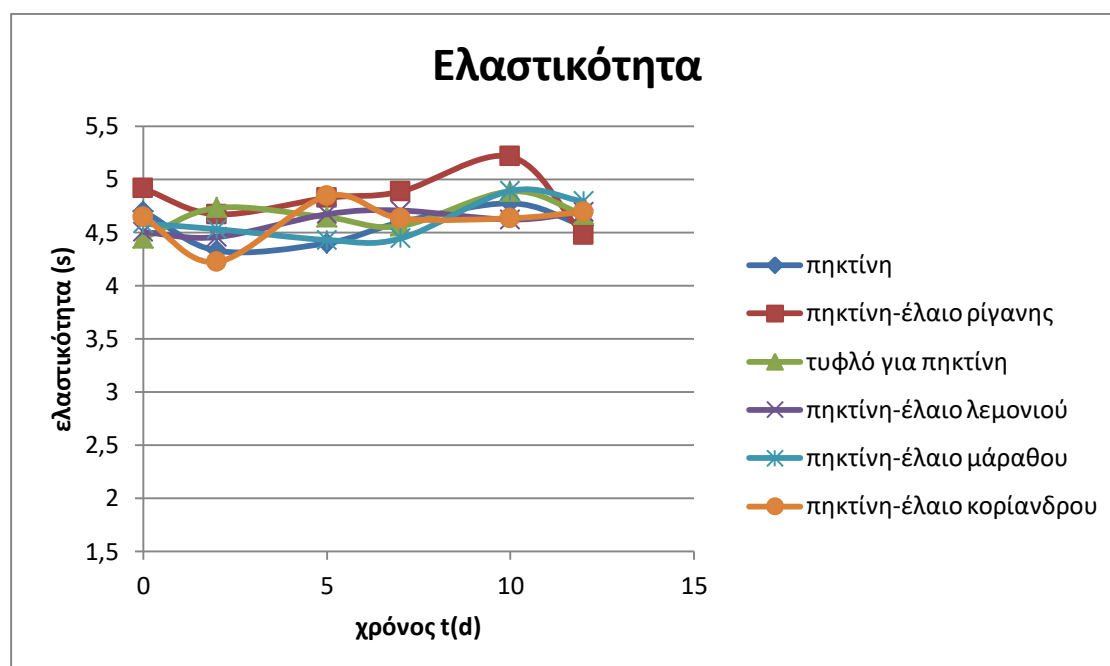
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 19: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Το δείγμα με χιτοζάνη καθώς και αυτό με έλαιο ρίγανης έχουν αρχικά αυξητική τάση στην ελαστικότητα και εν συνεχεία παρουσιάζουν σταθερότητα. Όλα τα υπόλοιπα δείγματα έχουν σταθερή πορεία στις 12 ημέρες αποθήκευσής τους και παρόμοιες τιμές με αυτές του τυφλού, κάτι που δείχνει μη επίδραση της χιτοζάνης στην ελαστικότητα των δειγμάτων.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 20: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

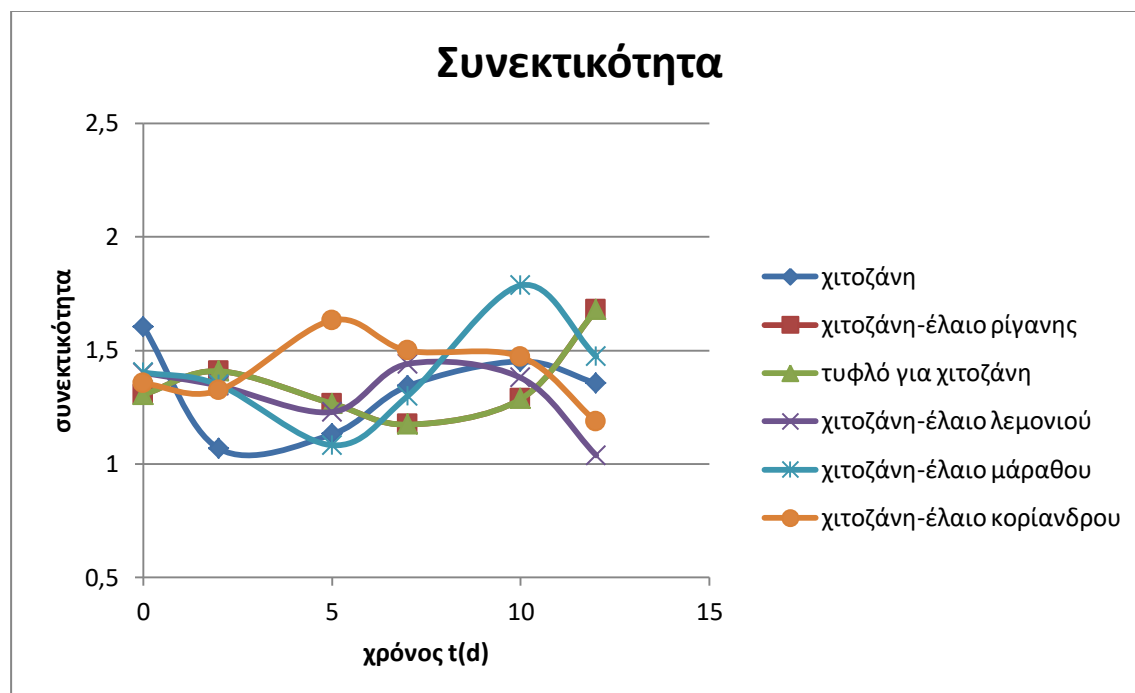
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα έχουν μικρές αυξομειώσεις που τείνουν να φανερώνουν σταθερότητα της ελαστικότητας. Όλα τα δείγματα έχουν παρόμοια συμπεριφορά με το τυφλό, κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πηκτίνη καθώς και τα ενσωματούμενα σε αυτή αντιμικροβιακά δεν επηρεάζουν την ελαστικότητα των μυδιών.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι το είδος της μεμβράνης και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην ελαστικότητα των δειγμάτων. Από το Duncan test προκύπτει ότι η ελαστικότητα παρουσίασε σημαντικές διαφορές ανάλογα με το είδος της χρησιμοποιούμενης μεμβράνης καθώς η χιτοζάνη παρουσιάζει μειωμένες τιμές ελαστικότητας σε σχέση με τα τυφλά και τα επικαλυμμένα με πηκτίνη δείγματα. Όσον αφορά τη σχέση ελαστικότητας-χρόνου εντοπίζονται σημαντικές διαφορές, καθώς μετά τις 2 πρώτες ημέρες αποθήκευσης, αυξάνονται οι τιμές της ελαστικότητας και παραμένουν σχεδόν σταθερές μέχρι το τέλος τις αποθήκευσης των δειγμάτων.

7.2.11 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της συνεκτικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

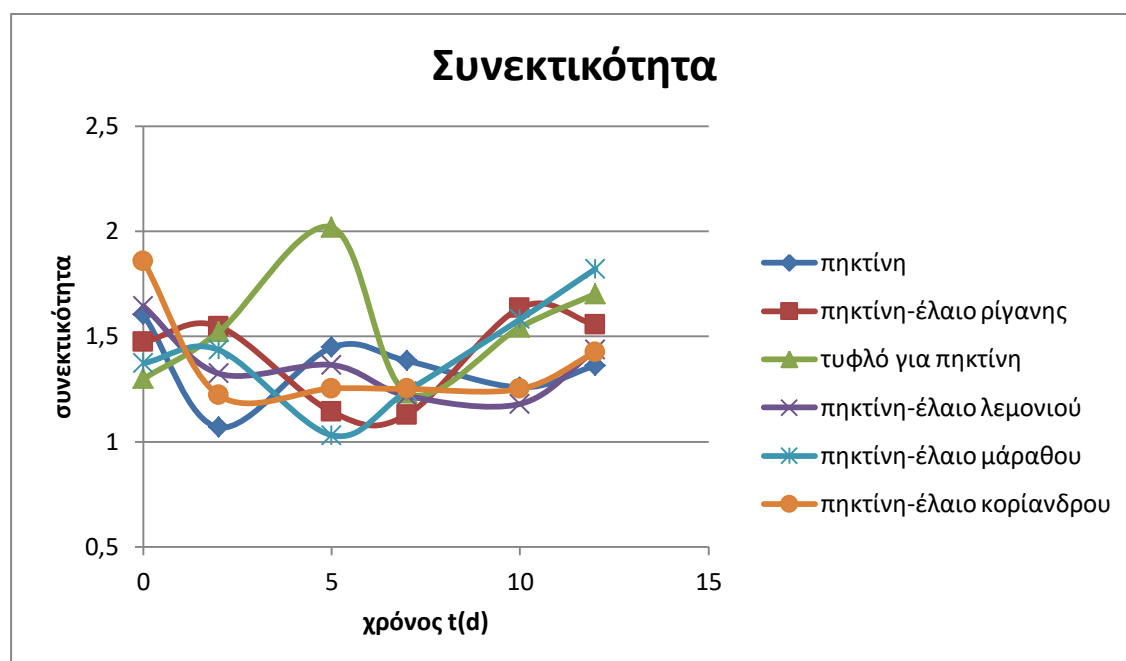
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 21: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Υπάρχουν αυξομειώσεις στη συνεκτικότητα για όλα τα δείγματα οι οποίες ωστόσο είναι πολύ μικρού μεγέθους. Γενικά τα επικαλυμμένα δείγματα με ή χωρίς αντιμικροβιακό δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στη συνεκτικότητα με το τυφλό.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 22: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

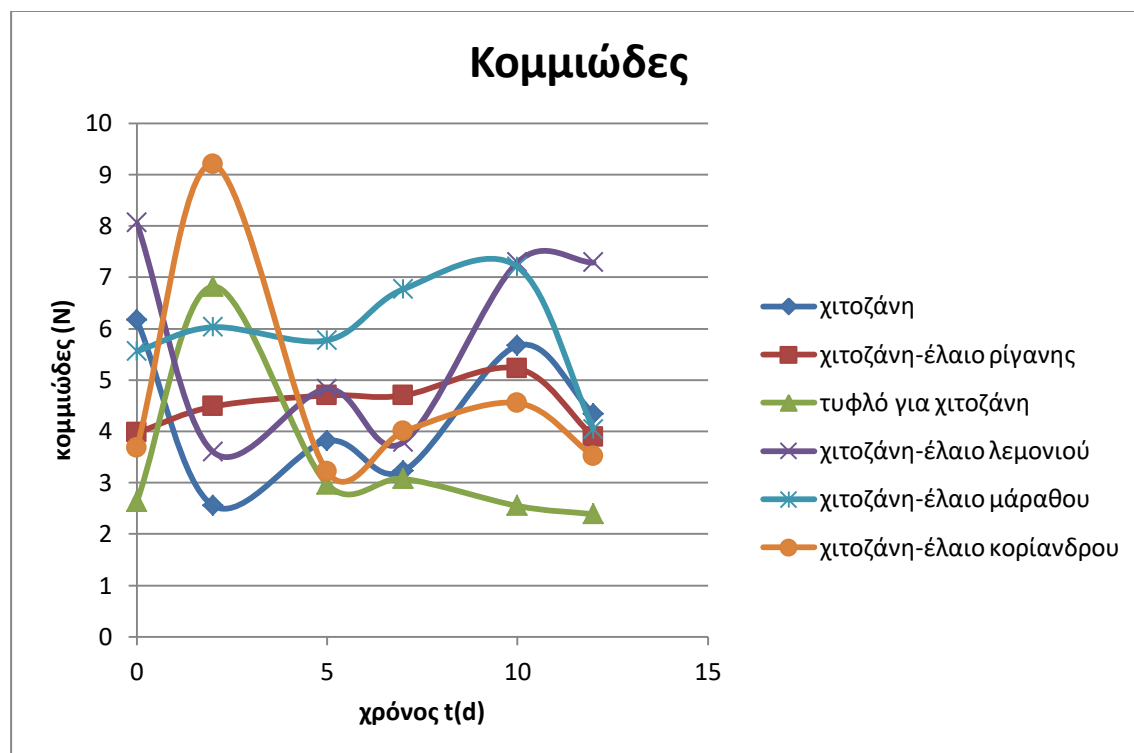
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα εμφανίζουν παραπλήσια συμπεριφορά μεταξύ τους ως προς τη συνεκτικότητα. Η συνολική μεταβολή της συνεκτικότητας είναι πολύ μικρή για όλα τα δείγματα. Γίνεται κατανοητό ότι τόσο η πηκτίνη όσο και τα αντιμικροβιακά δεν επηρεάζουν τη συνεκτικότητα.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας παράγοντας δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη συνεκτικότητα των δειγμάτων.

7.2.12 Κομμώδες βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του κομμώδους βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

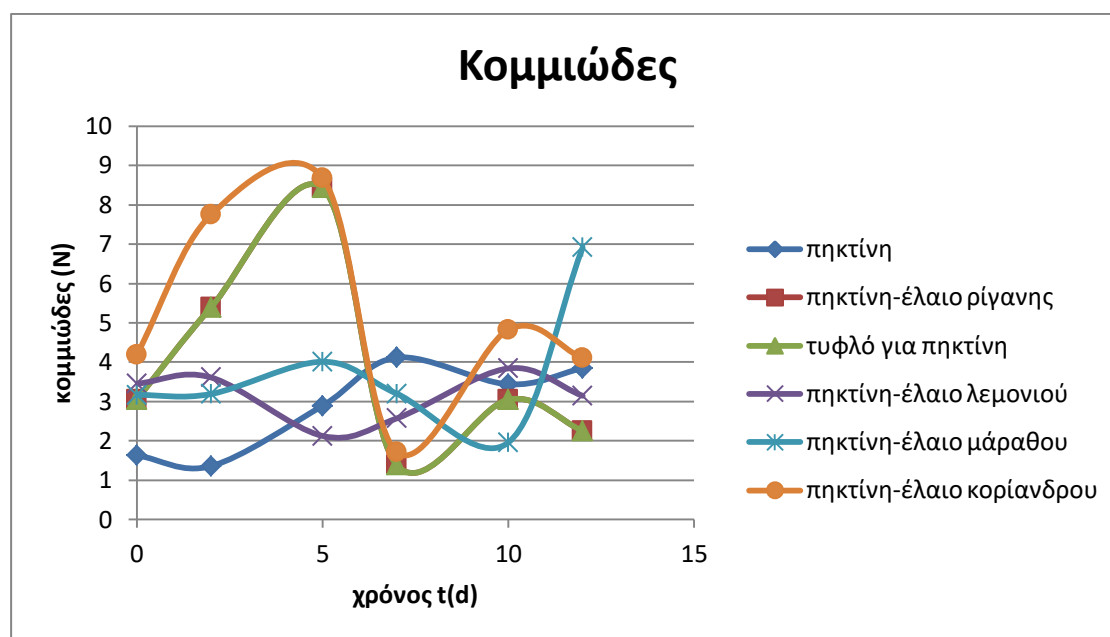
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 23: Διάγραμμα μεταβολής του κομμώδους για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Τα δείγματα παρουσιάζουν αυξητική και έπειτα μειωτική τάση του κομμώδους τους με εξαίρεση το δείγμα χιτοζάνης και το δείγμα με έλαιο λεμονιού. Επίσης για όλα τα δείγματα γίνεται αντιληπτό ότι η συνολική μεταβολή του κομμώδους στη διάρκεια των 12 ημερών αποθήκευσης είναι σχεδόν αμελητέα.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 24: Διάγραμμα μεταβολής του κομμιώδους για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

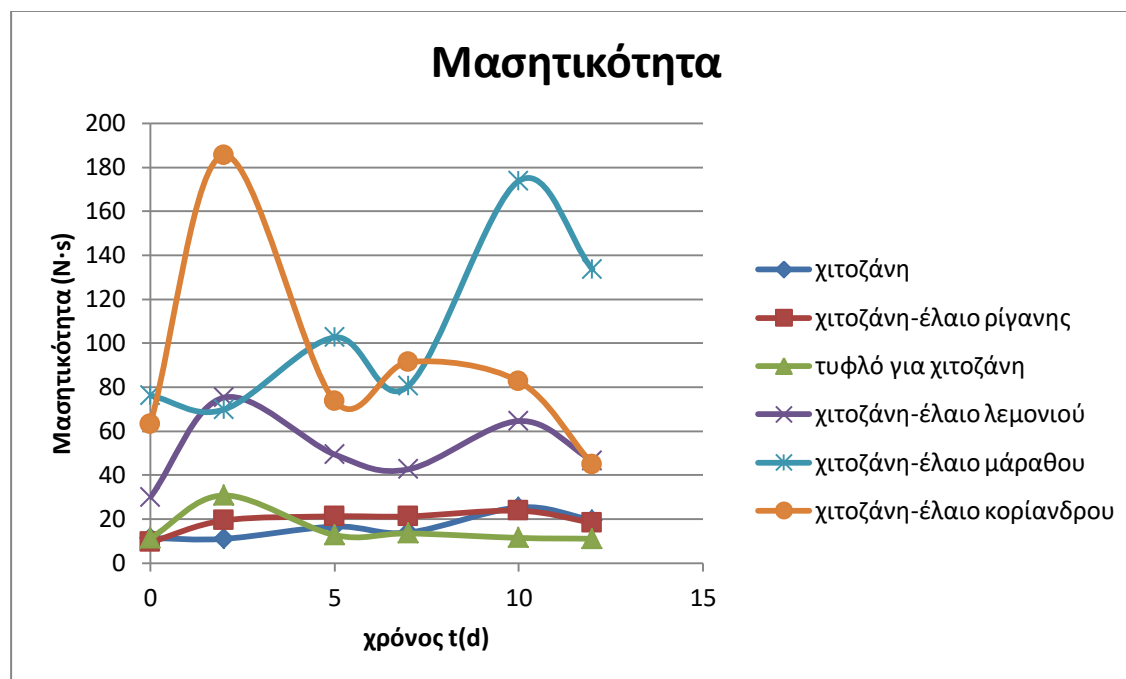
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η πορεία του κομμιώδους για τα δείγματα με έλαια ρίγανης και κορίανδρου καθώς και για το τυφλό ταυτίζεται. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν μία σταθερότητα με εξαίρεση το δείγμα με έλαιο λεμονιού που παρουσιάζει αύξηση τις τελευταίες ημέρες αποθήκευσής του.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι μόνο το είδος της μεμβράνης επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο κομμιώδες των δειγμάτων. Σημαντικές είναι οι διαφορές στο κομμιώδες μεταξύ των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης και των δειγμάτων με πηκτίνη και χωρίς καθόλου επικάλυψη (τυφλό).

7.2.13 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της μασητικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα μυδιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

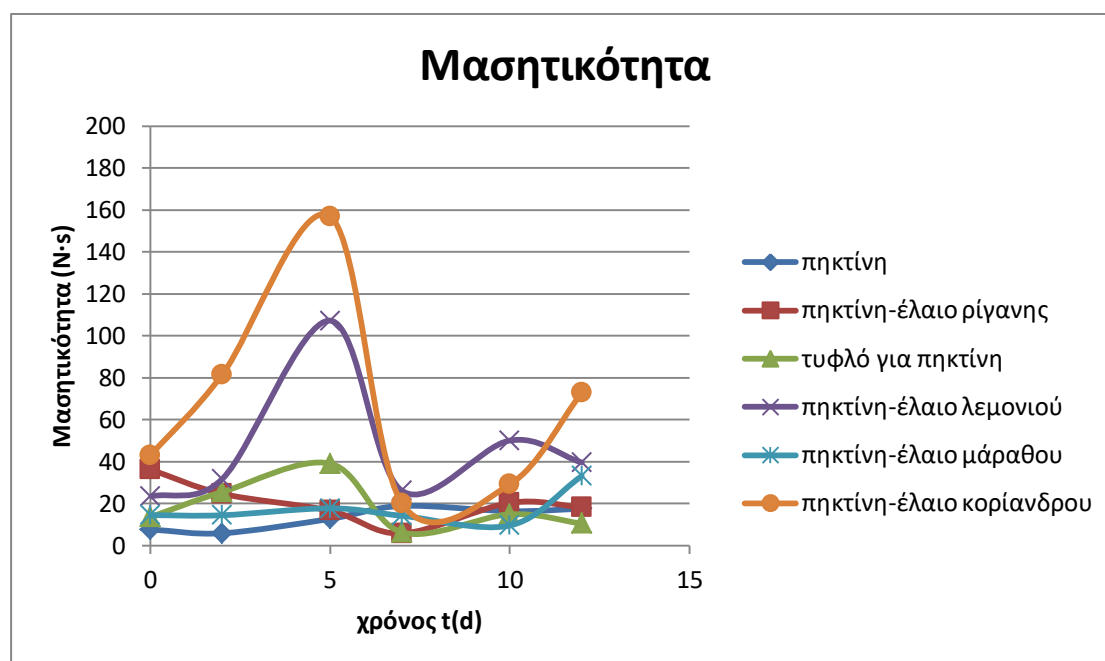
Δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 25: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Παρατηρούνται τεράστιες διαφορές στη μασητικότητα μεταξύ του τυφλού και των δειγμάτων με έλαια λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου. Από την άλλη το δείγμα με χιτοζάνη και αυτό με έλαιο ρίγανης έχουν παραπλήσια συμπεριφορά με το τυφλό. Γίνεται αντιληπτό, ότι με την προσθήκη αντιμικροβιακής ουσίας (πλήν του ελαίου ρίγανης) στη χιτοζάνη, η μασητικότητα των δειγμάτων αυξάνεται σε σχέση με το τυφλό δείγμα.

Δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



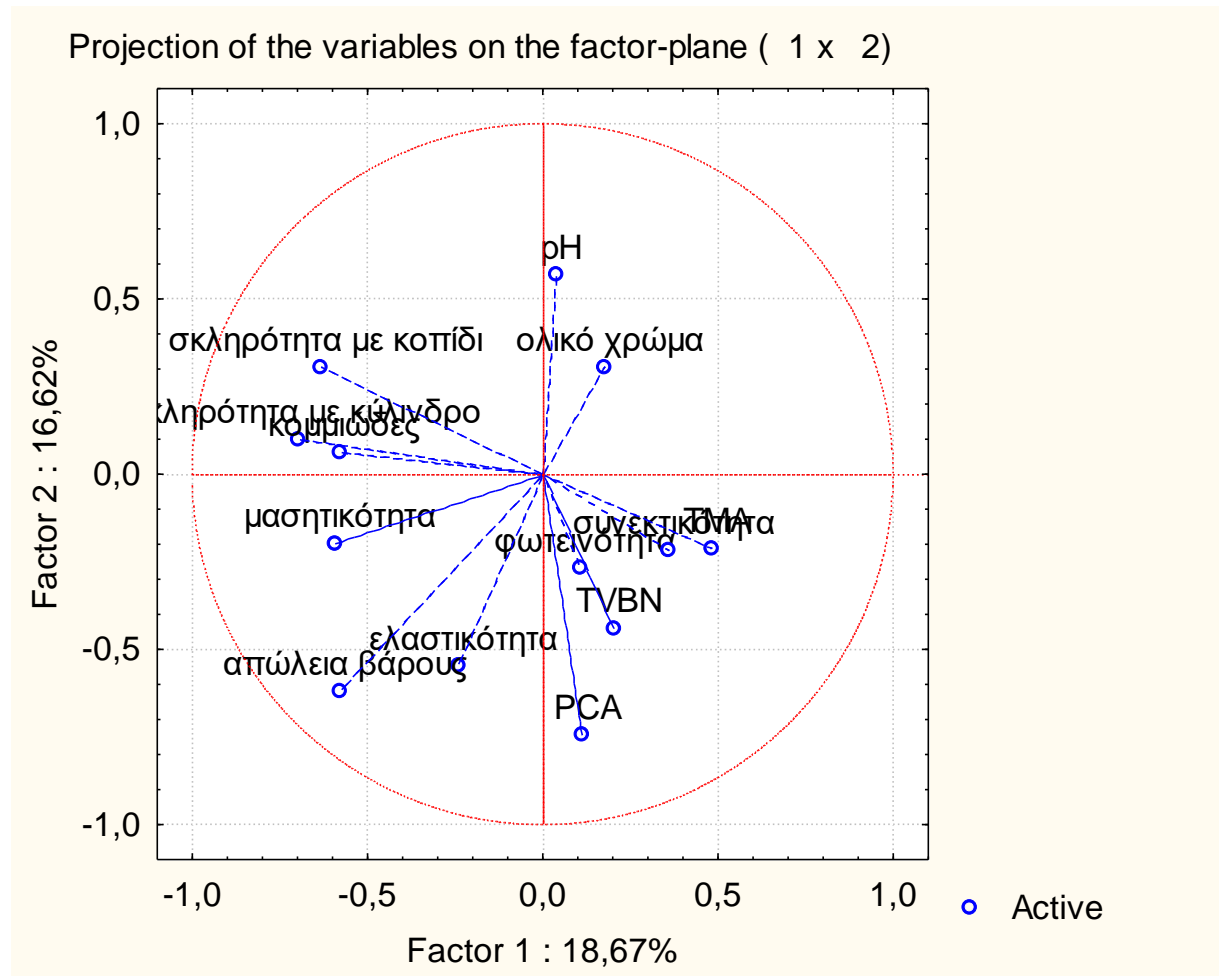
Διάγραμμα 26: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για δείγματα μυδιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υπάρχουν αυξομειώσεις στη μασητικότητα στα δείγματα με έλαια λεμονιού και κορίανδρου. Τα υπόλοιπα παρουσιάζουν μία σταθερή και εν τέλει πτωτική πορεία στην πάροδο 12 ημερών αποθήκευσης. Γενικά τα δείγματα με έλαια ρίγανης και μάραθου καθώς και αυτό με πηκτίνη παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με το τυφλό δείγμα.

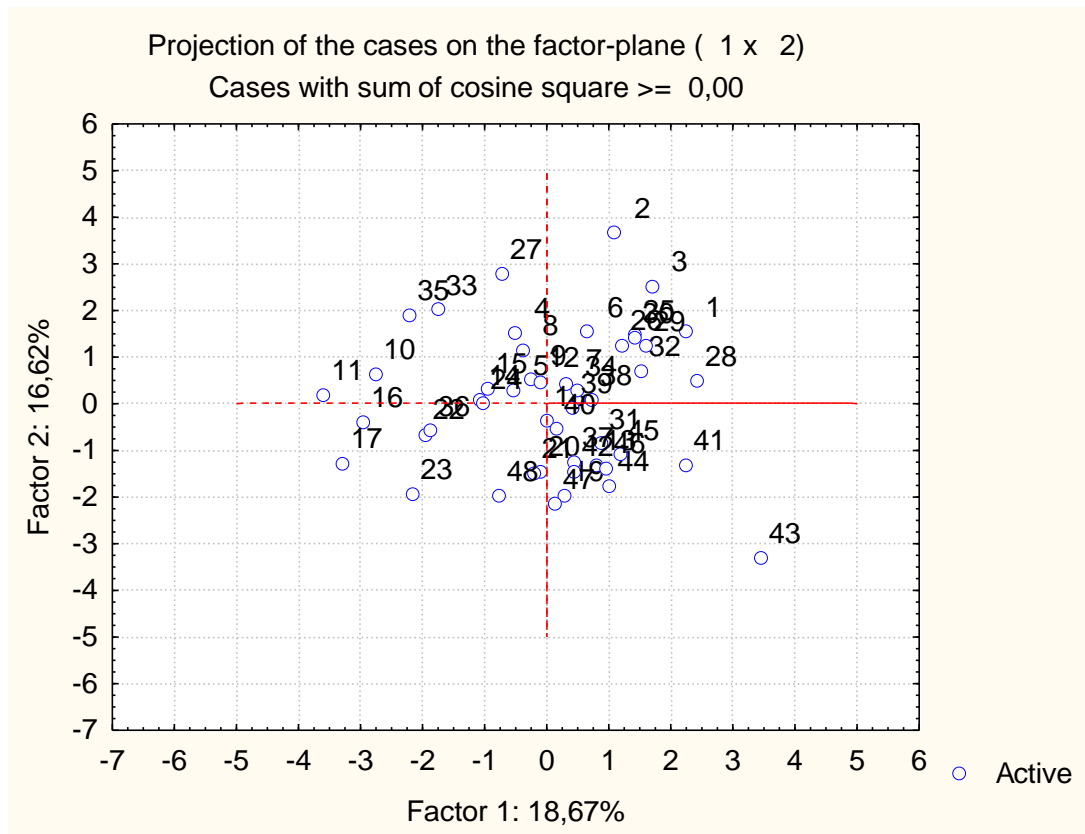
Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το είδος της μεμβράνης όσο και το είδος του αντιμικροβιακού επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη μασητικότητα των δειγμάτων. Σημαντικές είναι οι διαφορές στη συνεκτικότητα μεταξύ των δειγμάτων με επικάλυψη χιτοζάνης και των δειγμάτων με πηκτίνη και χωρίς καθόλου επικάλυψη (τυφλό). Όσον αφορά το είδος της αντιμικροβιακής ουσίας υπάρχουν γενικά σημαντικές διαφορές αλλά παράλληλα δημιουργούνται κάποιες μικρές ομάδες αντιμικροβιακών που φαίνεται να έχουν παρόμοια επίδραση στη μασητικότητα των μυδιών. Προκύπτει λοιπόν ότι το δείγμα χωρίς αντιμικροβιακό και αυτό με το έλαιο ρίγανης έχουν παρόμοια συμπεριφορά. Παρόμοια ισχύουν για τα δείγματα με έλαια λεμονιού και μάραθου καθώς και για τα δείγματα με έλαια κορίανδρου και μάραθου.

7.2.14 Ανάλυση Κύριων συνιστωσών (PCA)

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα μυδιών που είναι επικαλυμμένα με μεμβράνη χιτοζάνης και πηκτίνης και έχουν ενσωματωθεί σε αυτά φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα διαγράμματα 27 και 28 που ακολουθούν.



Διάγραμμα 27: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για πείραμα της επικάλυψης μυδιών με εδώδιμες μεμβράνες με ενσωματούμενα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 28: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για το πείραμα της επικάλυψης μυδιών με εδώδιμες μεμβράνες με ενσωματούμενα φυσικά αντιμικροβιακά

Από το διάγραμμα 27 διαπιστώνεται ότι το πείραμα διατήρησης σε ψύξη μυδιών με χρήση επικαλυπτικών μεμβρανών με ενσωματωμένα σε αυτές φυσικά αντιμικροβιακά έδωσε δύο κύριες συνιστώσες. Η πρώτη κύρια συνιστώσα εμφανίζει συνεισφορά ίση με 18,67% στη διακύμανση του πειράματος, ενώ η δεύτερη 16,62% αντίστοιχα. Το άθροισμα της συνεισφοράς των κύριων συνιστωσών είναι 35,29.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 27, με την πρώτη κύρια συνιστώσα σχετίζονται η σκληρότητα με βάση την κοπή, η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση και η απώλεια βάρους των δειγμάτων. Και οι τρεις παράμετροι εμφανίζουν αρνητική επίδραση στην πρώτη κύρια συνιστώσα.

Το pH και η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) σχετίζονται με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα. Από αυτές το pH εμφανίζει θετική επίδραση ενώ η ολική μικροβιακή χλωρίδα εμφανίζει αρνητική επίδραση.

Οι συσχετίσιμες μεταβλητές είναι :

- Η σκληρότητα με κύλινδρο με το κομμώδες
- Η ελαστικότητα με την % απώλεια βάρους
- Η συνεκτικότητα με την περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA)
- Η φωτεινότητα με το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN)

- Το pH με το ολικό χρώμα

Οι μη συσχετίσιμες μεταβλητές είναι :

- Η σκληρότητα με κοπίδι με τη συνεκτικότητα και την περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA)
- Η ελαστικότητα με το ολικό χρώμα
- Το pH με την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA)

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 28 τα δείγματα χωρίζονται σε 2 ομάδες:

Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα δείγματα 1-12 και 25-36, όπου περιλαμβάνονται δείγματα και με τις δύο επικαλύψεις για τους μικρούς χρόνους αποθήκευσης $t=0d$ και $t=5d$ που δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

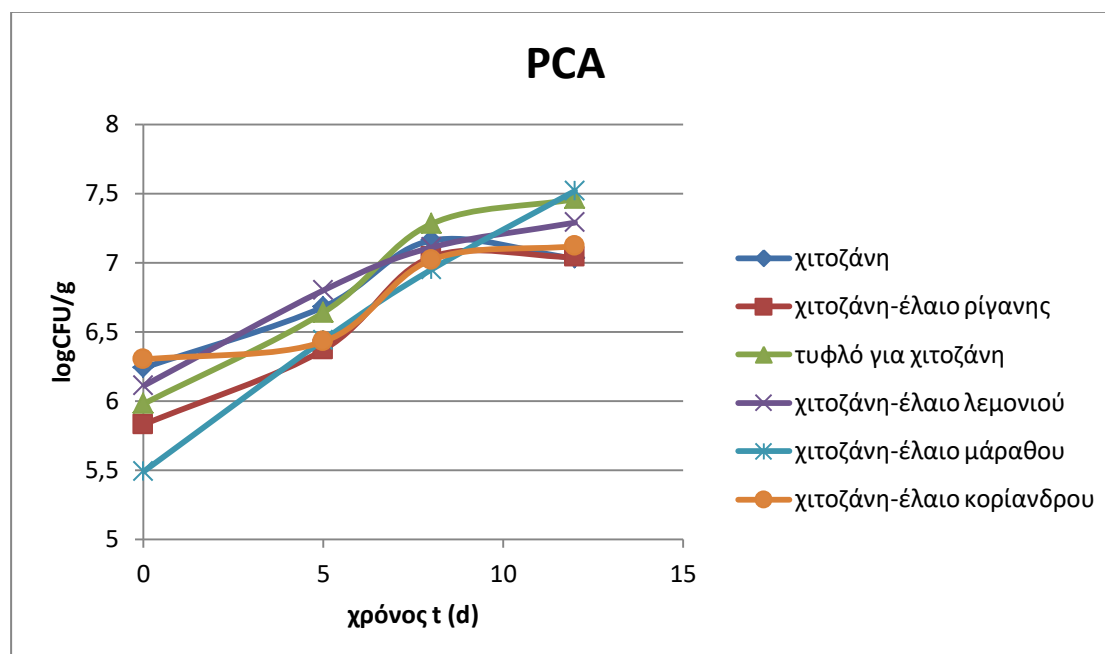
Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα υπόλοιπα δείγματα τα οποία και πάλι περιλαμβάνουν δείγματα από και για τις δύο επικαλύψεις για τους μεγάλους χρόνους $t=10d$ και $t=12d$. Τα δείγματα αυτής της ομάδας παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά την περιεχόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA), το οργανικό ολικό άζωτο (TVBN), τη συνεκτικότητα και τη φωτεινότητα.

7.3 2^η σειρά: Αποτελέσματα διατήρησης σε ψύξη για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών

7.3.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

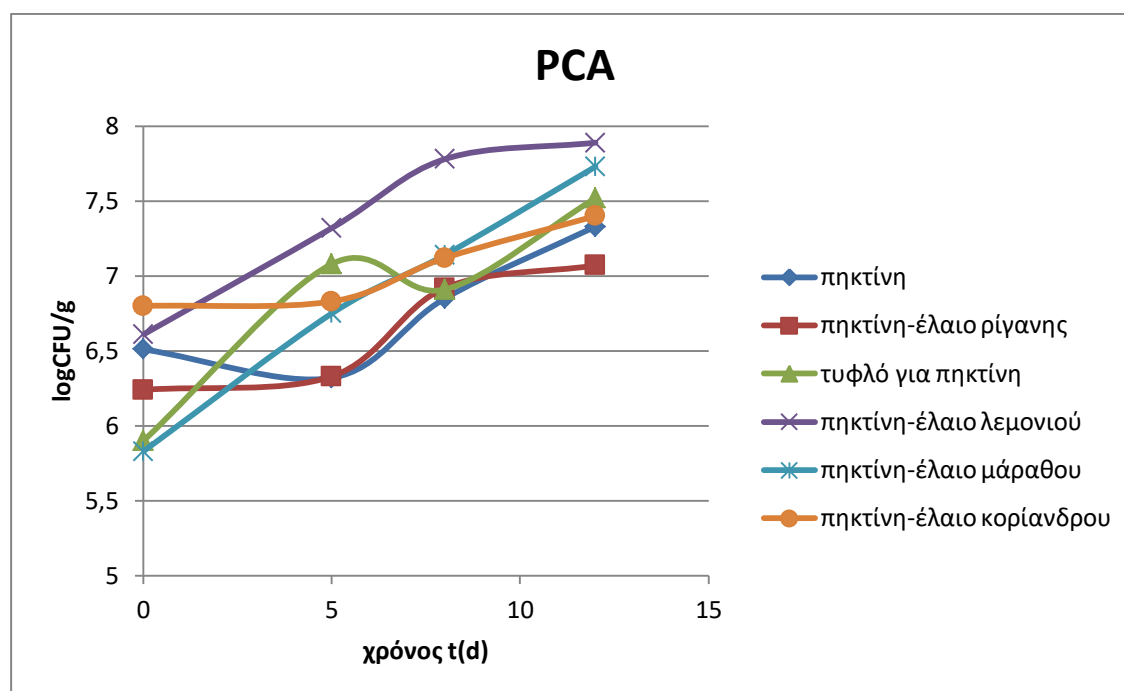
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 29: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Παρατηρείται γενικώς αύξηση της τιμής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας των δειγμάτων. Στο τέλος των 12 ημερών αποθήκευσης διαπιστώνεται ότι τα δείγματα με τα έλαια ρίγανης και κορίανδρου καθώς και αυτό με χιτοζάνη εμφανίζουν τα χαμηλότερα επίπεδα μικροβιακής αλλοίωσης. Το τυφλό δείγμα μαζί με το δείγμα με έλαιο λεμονιού υφίστανται τη μεγαλύτερη μικροβιακή αλλοίωση. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η χιτοζάνη έχει ανασταλτική δράση έναντι της μικροβιακής αλλοίωσης, μία δράση η οποία ενισχύεται σημαντικά με την παρουσία των ελαίων μάραθου και κορίανδρου.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 30: Διάγραμμα μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA) για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

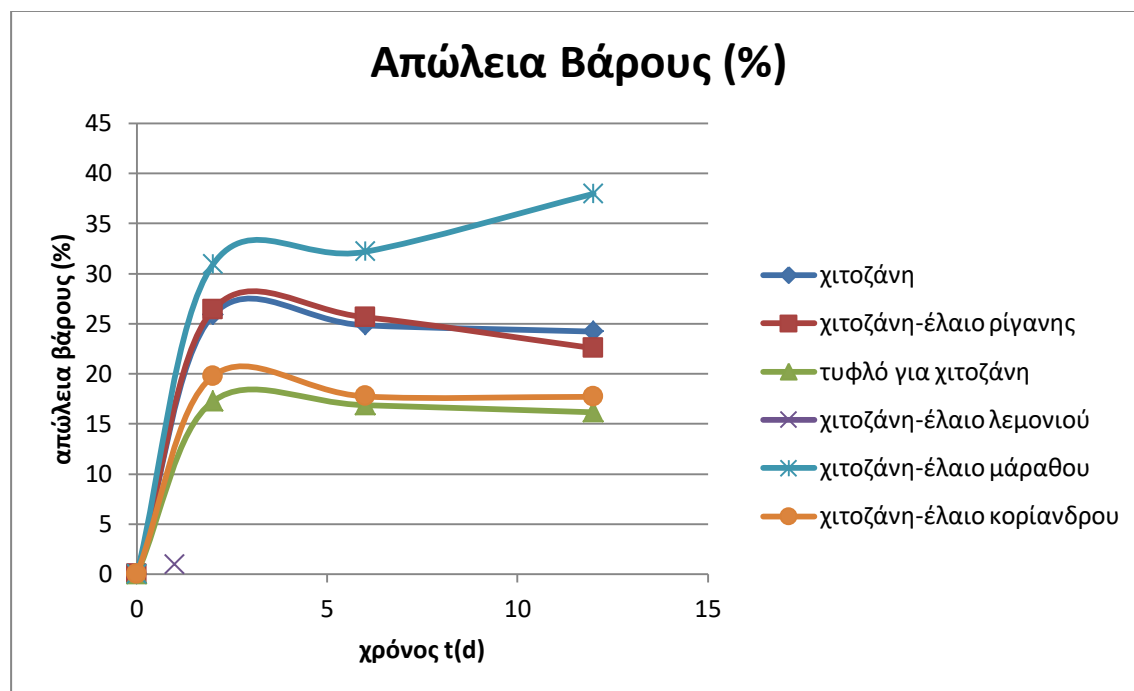
Όπως φαίνεται από παραπάνω διάγραμμα τα δείγματα με έλαια λεμονιού και μάραθου έχουν μεγαλύτερη μικροβιακή αλλοίωση από το τυφλό, ενώ τα δείγματα με πηκτίνη και με έλαιο κορίανδρου έχουν παρόμοια αποτελέσματα με το τυφλό. Μόνο το δείγμα με έλαιο ρίγανης παρουσιάζει μειωμένη μικροβιακή αλλοίωση σε σχέση με το τυφλό. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι η πηκτίνη εμφανίζει αναποτελεσματική αντιμικροβιακή δράση καθώς και τα ενσωματούμενα σε αυτήν αντιμικροβιακά.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο η μεμβράνη που χρησιμοποιείται όσο και το είδος του αντιμικροβιακού επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο φορτίο της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (PCA), κάτι που ισχύει και για το χρόνο αποθήκευσης. Όσον αφορά το είδος της μεμβράνης σημαντικές διαφορές εντοπίζονται μεταξύ των δειγμάτων με πηκτίνη και των δειγμάτων με χιτοζάνη και αυτών χωρίς καθόλου επικάλυψη (τυφλό). Για τα αντιμικροβιακά, παρατηρείται ότι τα δείγματα με έλαια ρίγανης και μάραθου και το δείγμα χωρίς την προσθήκη κάποιας αντιμικροβιακής ουσίας έχουν παραπλήσια συμπεριφορά. Αυτά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές με τα δείγματα με έλαια κορίανδρου και λεμονιού τα οποία κατηγοριοποιούνται στην ίδια ομάδα. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι υπάρχει άλλη μία ομάδα αντιμικροβιακών που δείχνουν να έχουν παρόμοια επίδραση στις μικροβιολογικές αναλύσεις και αυτή αποτελείται από τα δείγματα με έλαια μάραθου και κορίανδρου καθώς και του δείγματος χωρίς αντιμικροβιακό. Το μικροβιακό φορτίο παρουσίασε σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο καθώς μέχρι τις 5 ημέρες διατηρήθηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Στη συνέχεια υπήρξε μία αύξηση της τιμής του φορτίου μέχρι τις 8 ημέρες αποθήκευσης, η οποία κορυφώθηκε στις 12 ημέρες.

7.3.2 % Απώλεια Βάρους

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της % απώλειας βάρους για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαιο ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

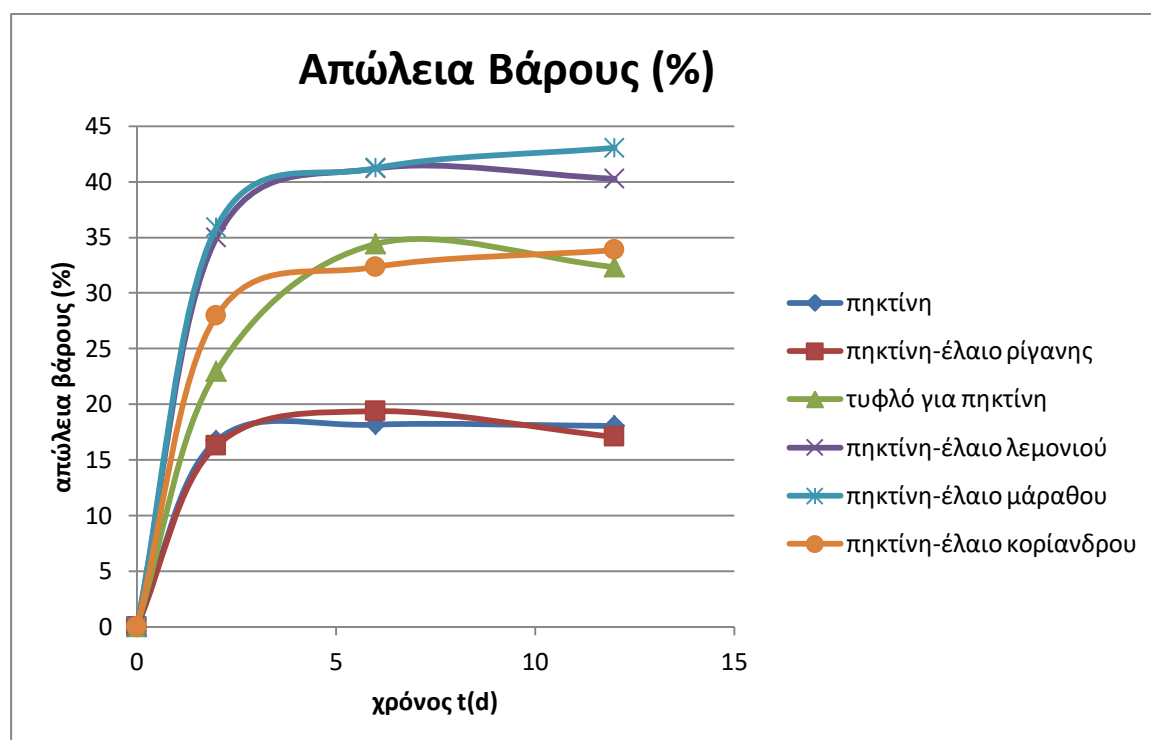
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 31: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Η απώλεια βάρους εμφανίζει απότομη αύξηση κατά την διάρκεια των 2 πρώτων ημερών αποθήκευσης σε ψύξη, ενώ στη συνέχεια έχει μειωτική τάση για όλα τα δείγματα, με εξαίρεση το δείγμα με έλαιο λεμονιού που έχει περαιτέρω αυξητική πορεία. Όλα τα δείγματα δεν έδωσαν καλά αποτελέσματα στη διατήρηση του βάρους των δειγμάτων καθώς είχαν είτε «χειρότερη» είτε παρόμοια συμπεριφορά (έλαιο κορίανδρου) με το τυφλό.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 32: Διάγραμμα μεταβολής της απώλειας βάρους % για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

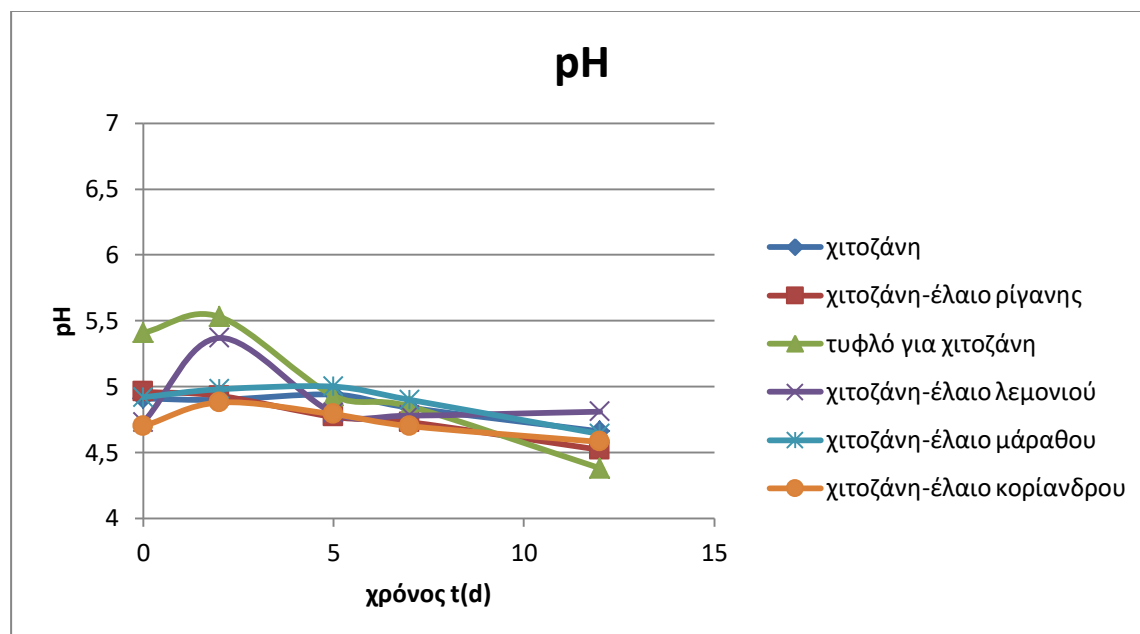
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η απώλεια βάρους αυξάνεται απότομα τις 2 πρώτες ημέρες ενώ για τις επόμενες 10 ημέρες έχει σταθερή τάση. Τα δείγματα με πηκτίνη καθώς και αυτό με έλαιο ρίγανης έδειξαν καλή συμπεριφορά διατήρησης βάρους των χτενιών. Τα δείγματα με έλαια λεμονιού και μάραθου παρουσίασαν την τάση να χάνουν ευκολότερα βάρος σε σχέση με το τυφλό.

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. Σημαντικές διαφορές για τα αντιμικροβιακά, παρατηρούνται μεταξύ του δείγματος με έλαιο μάραθου και όλων των υπόλοιπων δειγμάτων. Η % απώλεια βάρους ως προς το χρόνο παρουσίασε σημαντικές διαφορές καθώς τις δύο πρώτες ημέρες αυξήθηκε απότομα, ενώ τις υπόλοιπες ημέρες αποθήκευσης παρέμεινε σχεδόν σταθερή.

7.3.3 Αναλύσεις pH

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του pH για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

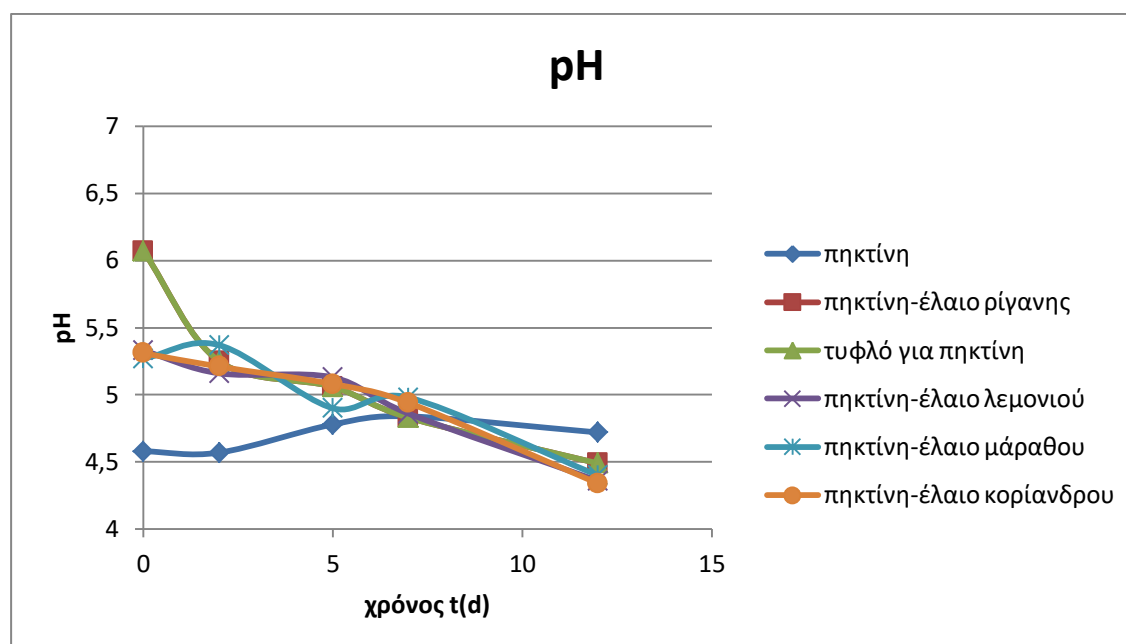
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 33: Διάγραμμα μεταβολής του pH για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν μία σταθερά μειωτική τάση στο pH τους με εξαίρεση κάποιες ελάχιστες αυξομειώσεις (έλαιο λεμονιού). Να τονιστεί ότι τη μεγαλύτερη συνολική μεταβολή του pH την παρουσιάζει το τυφλό δείγμα κάτι που συνεπάγεται καλή δράση της χιτοζάνης. Σταθερότερα όλων ως προς το pH φαίνονται τα δείγματα με χιτοζάνη και αυτό με έλαιο μάραθου.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 34: Διάγραμμα μεταβολής του pH για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

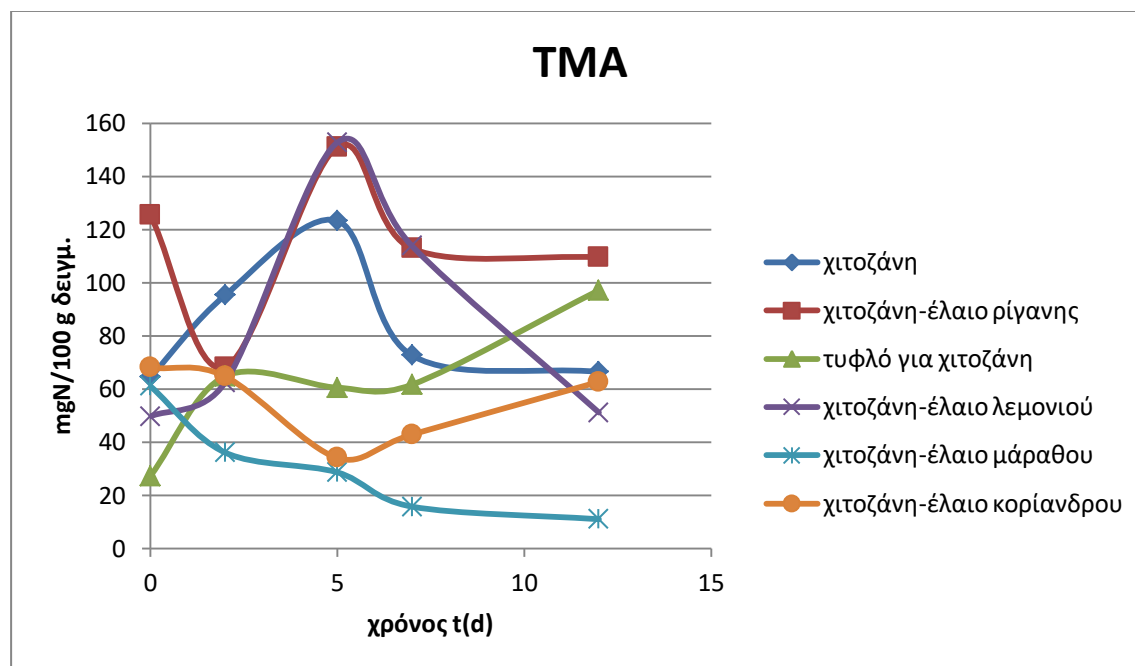
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα έχουν πτωτική τάση στο pH, με εξαίρεση το δείγμα με πηκτίνη που έχει αυξητική και μετέπειτα σταθερή τάση. Μεγάλη συνολική μεταβολή παρουσιάζουν το τυφλό και το δείγμα με έλαιο ρίγανης. Είναι αντιληπτό ότι η πηκτίνη καθώς και τα αντιμικροβιακά που ενσωματώθηκαν σε αυτήν δεν έδωσαν καλά αποτελέσματα στο θέμα της μεταβολής του pH.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι τόσο το είδος της μεμβράνης όσο και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά ($P < 0,05$) στο pH. Όσον αφορά το είδος της μεμβράνης, το τυφλό δείγμα παρουσιάζει σημαντικές διαφορές με τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη και πηκτίνη δείγματα. Για το χρόνο αποθήκευσης γίνεται αντιληπτό ότι οι αρχικοί χρόνοι αποθήκευσης δεν έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στις τιμές του pH. Παρατηρείται όμως, από την $t=7$ μέχρι την $t=12$ αποθήκευσης σημαντική πτώση στο pH.

7.3.4 Αναλύσεις τριμεθυλαμίνης (TMA)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

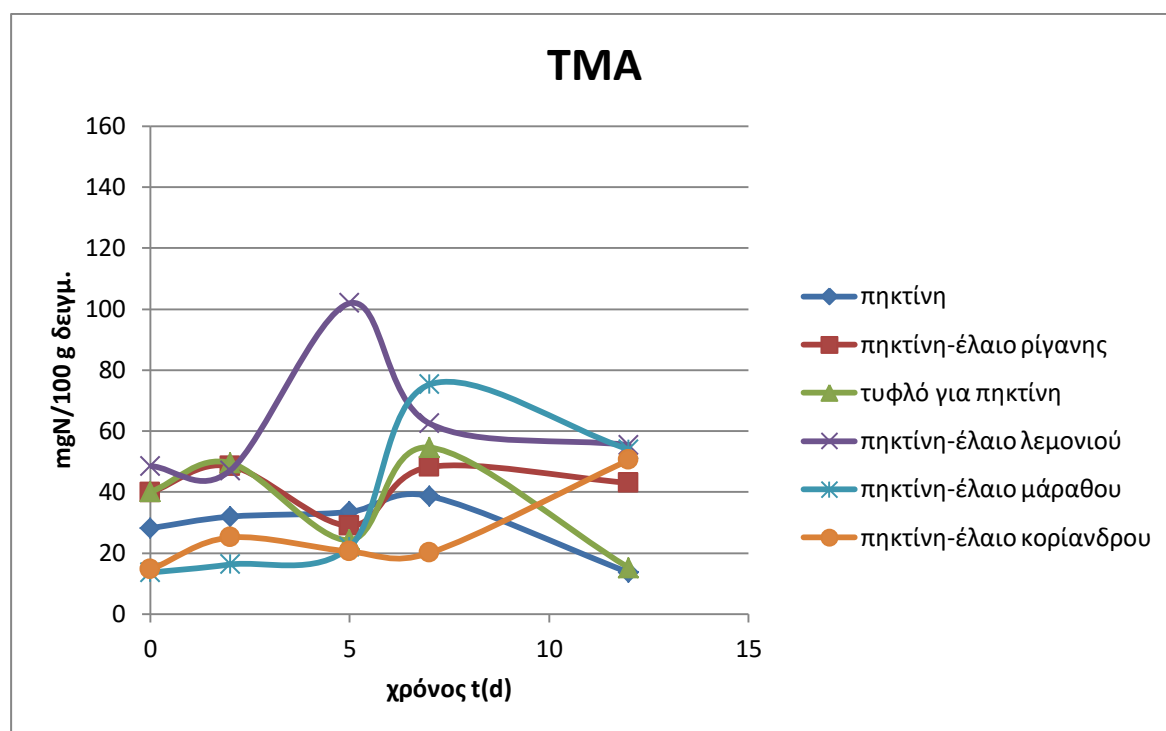
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 35: Διάγραμμα μεταβολής της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Το τυφλό δείγμα παρουσιάζει αυξητική τάση της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA), ενώ τα δείγματα με έλαια μάραθου και κορίανδρου έχουν τάση για μείωση αυτής. Από την άλλη, τα δείγματα της χιτοζάνης καθώς και εκείνων με έλαια ρίγανης και λεμονιού έχουν πολλές αυξομειώσεις. Γενικά η τριμεθυλαμίνη διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, όταν στα επικαλυμμένα σε χιτοζάνη δείγματα προστεθούν έλαια μάραθου και κορίανδρου.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 36: Διάγραμμα μεταβολής της παραγόμενης τριμεθυλαμίνης (TMA) για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

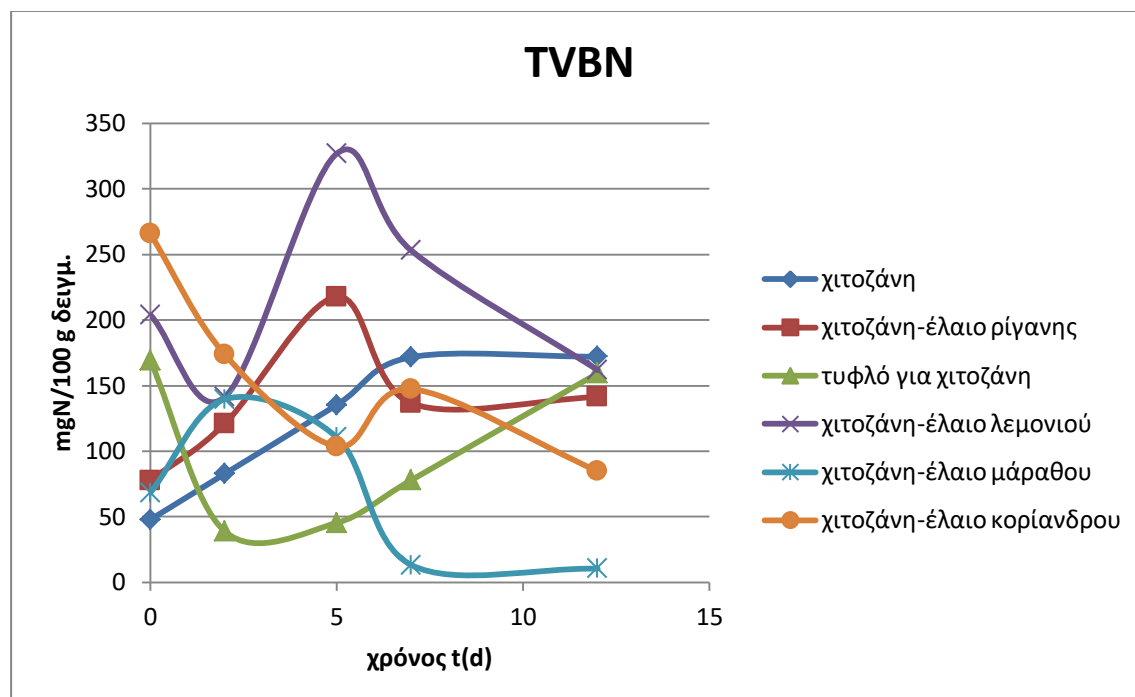
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υπάρχουν πολλές αυξομειώσεις στην τριμεθυλαμίνη για όλα τα δείγματα. Σταθερότερη συμπεριφορά τείνει να έχει το δείγμα πηκτίνης. Είναι φανερό, ότι η πηκτίνη όταν σε αυτή προστεθεί αντιμικροβιακή ουσία έχει ως αποτέλεσμα υψηλές τιμές τριμεθυλαμίνης.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδεικνύεται ότι το είδος της μεμβράνης και το είδος του ενσωματούμενου αντιμικροβιακού επιδρούν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην τιμή της περιεχόμενης τριμεθυλαμίνης των δειγμάτων. Σημαντικές διαφορές στην περιεχόμενη TMA παρατηρούνται μεταξύ των δειγμάτων με χιτοζάνη και των δειγμάτων χωρίς επικάλυψη (τυφλό) και αυτών με επικάλυψη πηκτίνης. Όσον αφορά τα αντιμικροβιακά, υπάρχουν κάποιες ομάδες αυτών των ουσιών με παρόμοια δράση. Το δείγμα χωρίς αντιμικροβιακό καθώς και τα δείγματα με έλαια μάραθου και κορίανδρου παρουσιάζουν παραπλήσια συμπεριφορά μεταξύ τους, κάτι που ισχύει και για τα δείγματα με έλαια λεμονιού και ρίγανης.

7.3.5 Αναλύσεις ολικού οργανικού αζώτου (TVBN)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του περιεχόμενου ολικού αζώτου (TVBN) για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

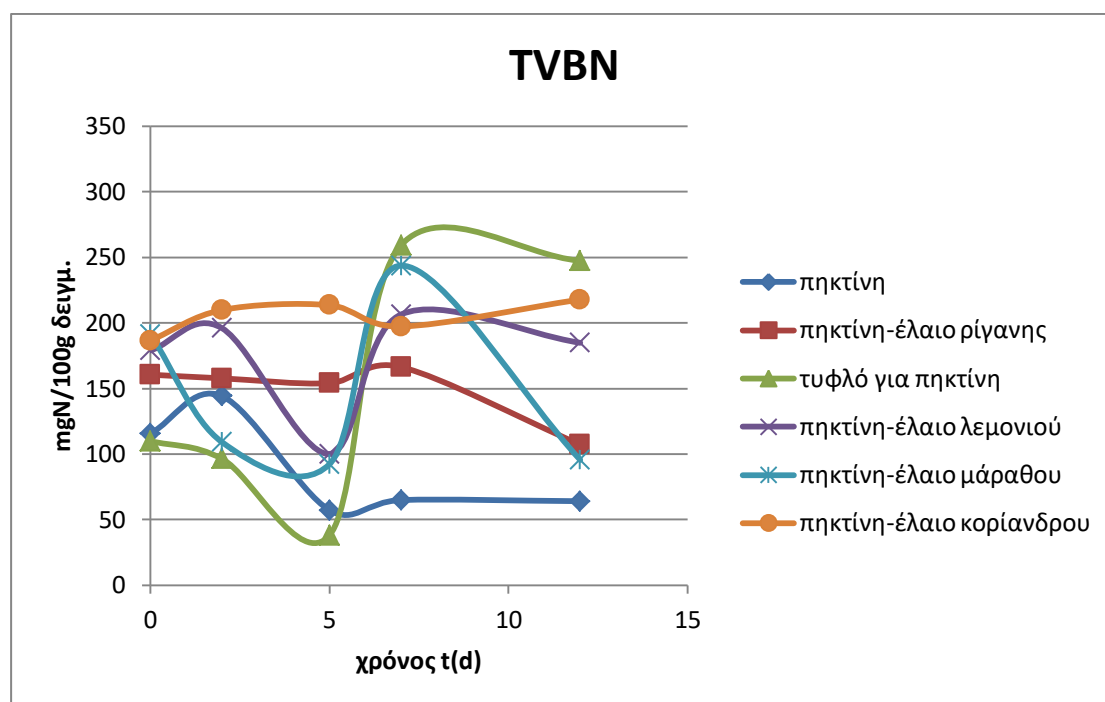
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 37: Διάγραμμα μεταβολής περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Τα δείγματα με έλαια μάραθου και κορίανδρου έδειξαν μείωση του περιεχόμενου ολικού αζώτου στις 12 ημέρες αποθήκευσης σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Το δείγμα χιτοζάνης είχε ανοδική κι έπειτα σταθερή πορεία. Το τυφλό δείγμα καθώς και τα δείγματα με έλαια ρίγανης και λεμονιού παρουσίασαν μεγάλες αυξομειώσεις, ιδιαίτερα το τελευταίο, ενώ η συνολική μεταβολή του περιεχόμενου ολικού αζώτου ήταν πολύ μικρή.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 38: Διάγραμμα μεταβολής περιεχόμενου ολικού οργανικού αζώτου (TVBN) για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

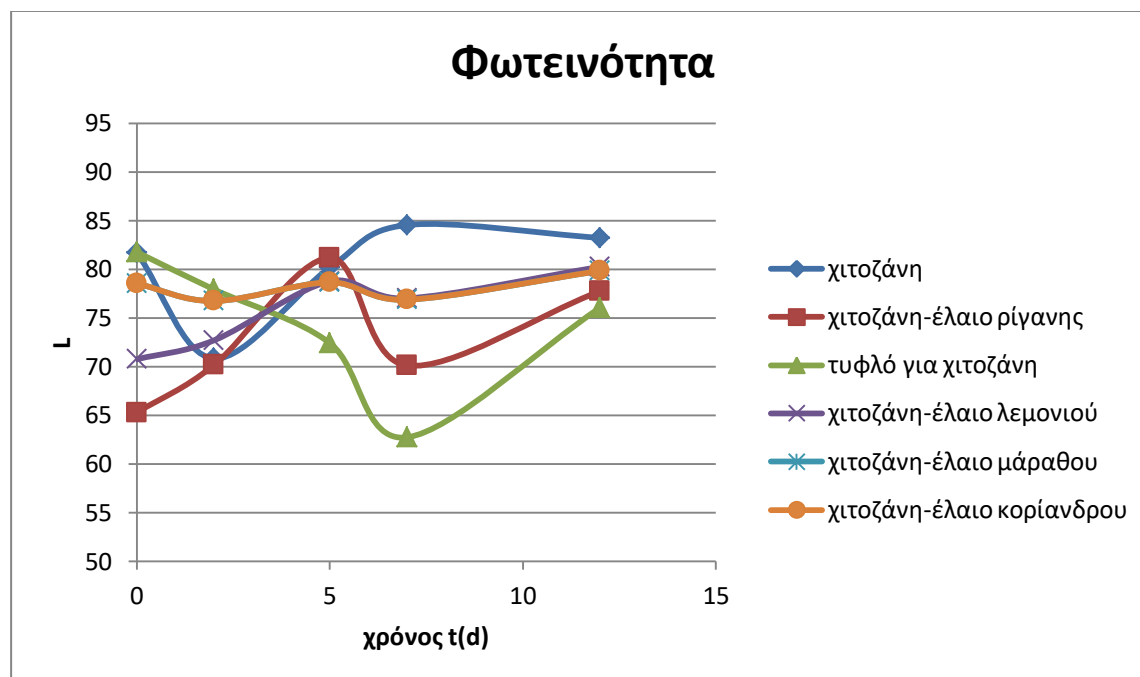
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα το δείγμα με έλαιο λεμονιού έχει παρόμοια συμπεριφορά στο TVBN με το τυφλό. Το δείγμα με έλαιο κορίανδρου έχει μία σταθερή τάση, ενώ τα δείγματα με έλαιο ρίγανης και εκείνο με πηκτίνη έχουν μία πιο πτωτική πορεία. Γενικά τα καλύτερα αποτελέσματα για τον περιορισμό της τιμής του περιεχόμενου ολικού αζώτου τα έδωσαν η πηκτίνη και τα δείγματα με έλαια ρίγανης και μάραθου.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδεικνύεται ότι μόνο το είδος του αντιμικροβιακού επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο περιεχόμενο ολικό οργανικό άζωτο των δειγμάτων. Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των δειγμάτων με έλαια μάραθου και ρίγανης και του δείγματος χωρίς αντιμικροβιακό με τα δείγματα με ενσωματούμενα έλαια κορίανδρου και λεμονιού.

7.3.6 Φωτεινότητα

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της φωτεινότητας για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

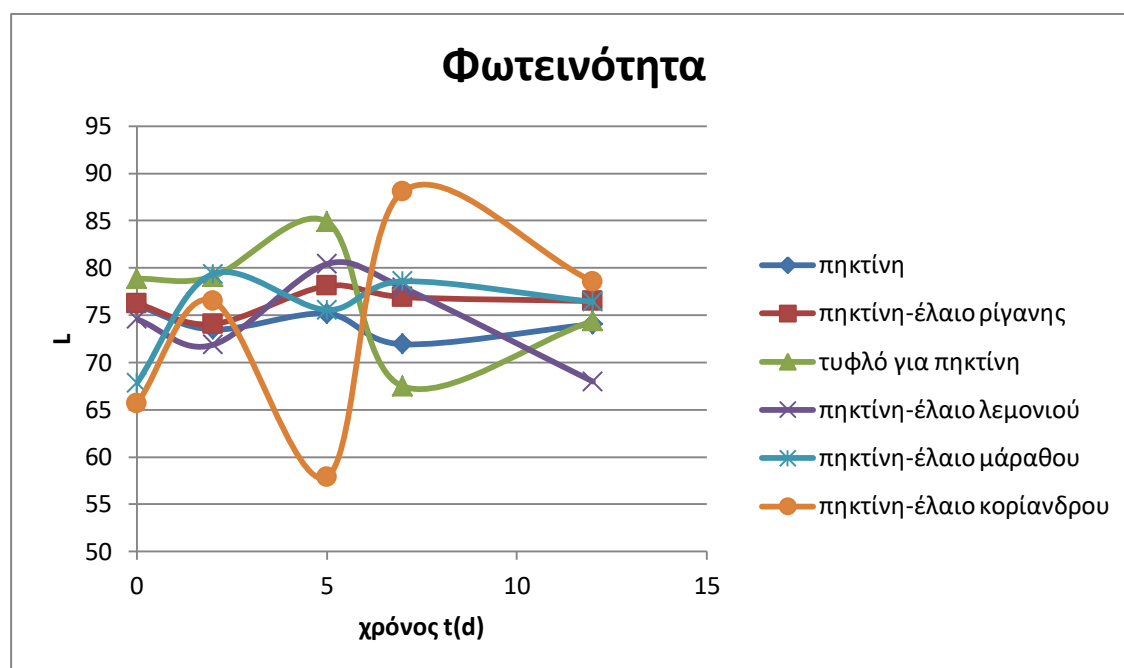
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 39: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Γενικά όλα τα δείγματα παρουσιάζουν παραπλήσιες τιμές για τη φωτεινότητα. Παρατηρούνται αρκετές αυξομειώσεις, με τα πιο σταθερά δείγματα να είναι αυτά με το έλαιο λεμονιού και το έλαιο κορίανδρου. Το τυφλό έχει συνολικά μειωμένη φωτεινότητα από τα υπόλοιπα δείγματα. Γίνεται αντιληπτό ότι η χιτοζάνη καθώς και τα ενσωματούμενα σε αυτήν αντιμικροβιακά δεν επηρεάζουν αισθητά την φωτεινότητα.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 40: Διάγραμμα μεταβολής της φωτεινότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

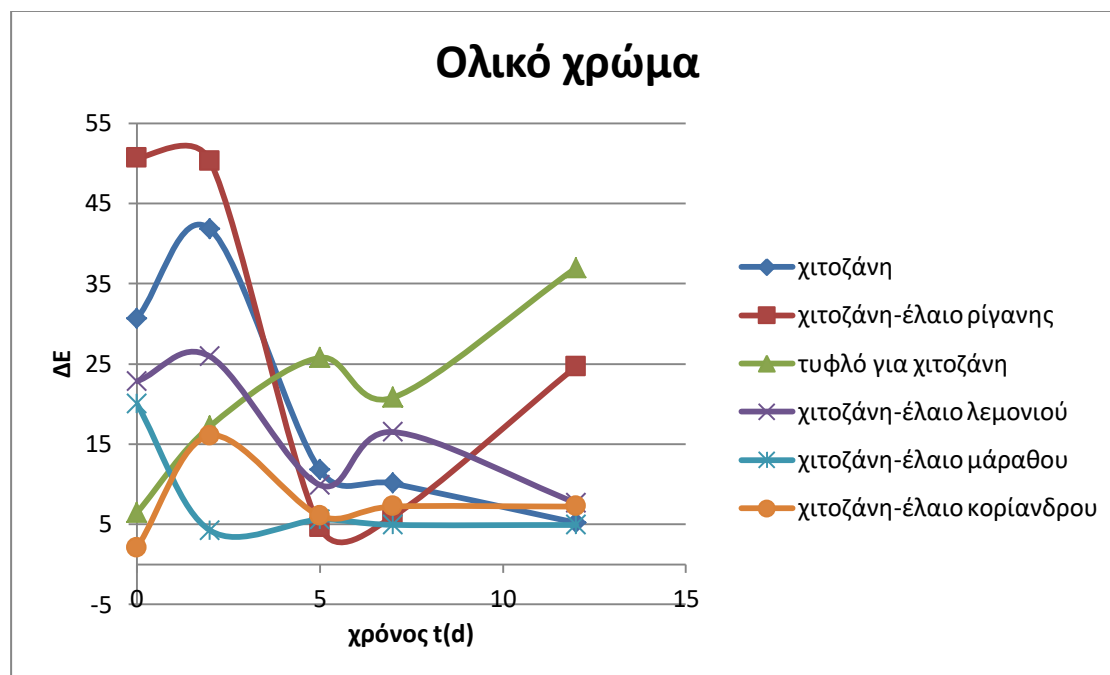
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η πηκτίνη καθώς και τα δείγματα με έλαια ρίγανης, λεμονιού και μάραθου παρουσιάζουν μία σταθερή συμπεριφορά στη φωτεινότητα τους. Από την άλλη τόσο το τυφλό όσο και το δείγμα με έλαιο κορίανδρου παρουσιάζουν μεγάλες αυξομειώσεις. Η συνολική μεταβολή της φωτεινότητας για όλα τα δείγματα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί αμελητέα.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη φωτεινότητα.

7.3.7 Μεταβολή του ολικού χρώματος

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του ολικού χρώματος για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

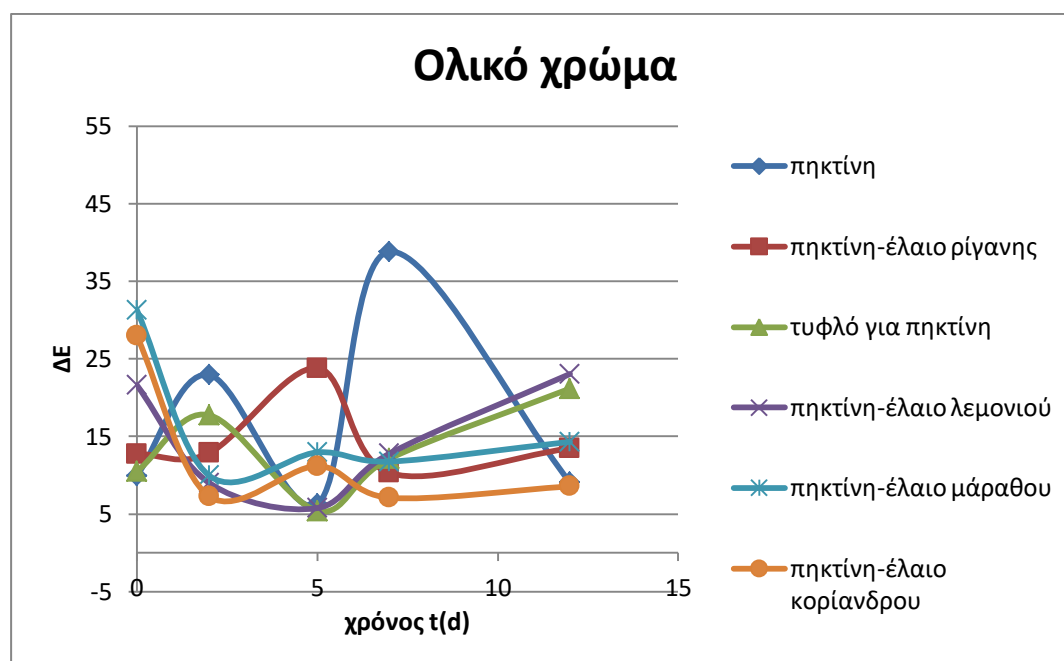
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 41: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν αυξομειώσεις στο ολικό χρώμα κατά τη διάρκεια των 12 ημερών αποθήκευσής τους. Πιο έντονες μεταβολές στο ολικό χρώμα παρουσιάζουν το τυφλό δείγμα, το δείγμα με έλαιο ρίγανης καθώς και αυτό με πηκτίνη. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η επικάλυψη χιτοζάνης δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διατήρηση του ολικού χρώματος των μυδιών.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 42: Διάγραμμα μεταβολής του ολικού χρώματος για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

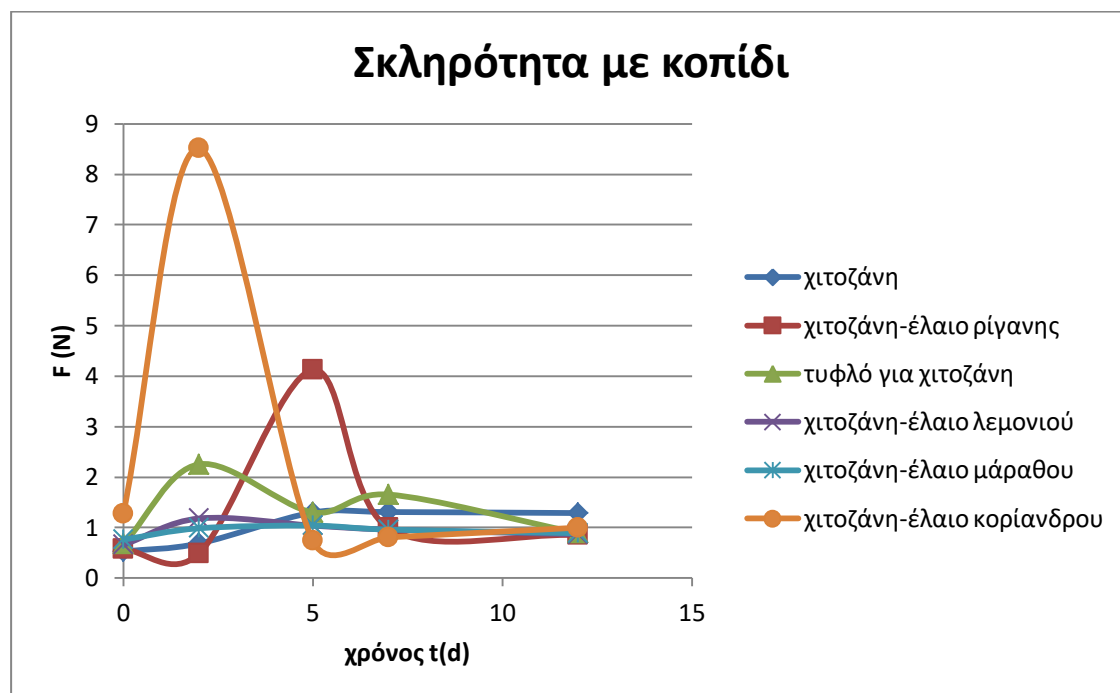
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υπάρχουν αυξομειώσεις στο ολικό χρώμα στα δείγματα της πηκτίνης, του τυφλού και αυτού με έλαιο ρίγανης. Τα δείγματα που παρά τις αυξομειώσεις που είχαν έτειναν να σταθεροποιηθούν ήταν αυτά με τα έλαια λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου. Κατ'επέκταση η επικάλυψη πηκτίνης έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διατήρηση του ολικού χρώματος των μυδιών όταν σε αυτήν ενσωματώνονται αντιμικροβιακά.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο ολικό χρώμα.

7.3.8 Σκληρότητα βάσει της κοπής

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της κοπής για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C. Να σημειωθεί ότι για την καλύτερη προσπάθεια της μελέτης της μεταβολής της σκληρότητας βάσει της κοπής, τα χτένια που επρόκειτο να υποστούν κοπή τοποθετούνταν με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε το κοπίδι να «κόβει» το λευκό τους τμήμα.

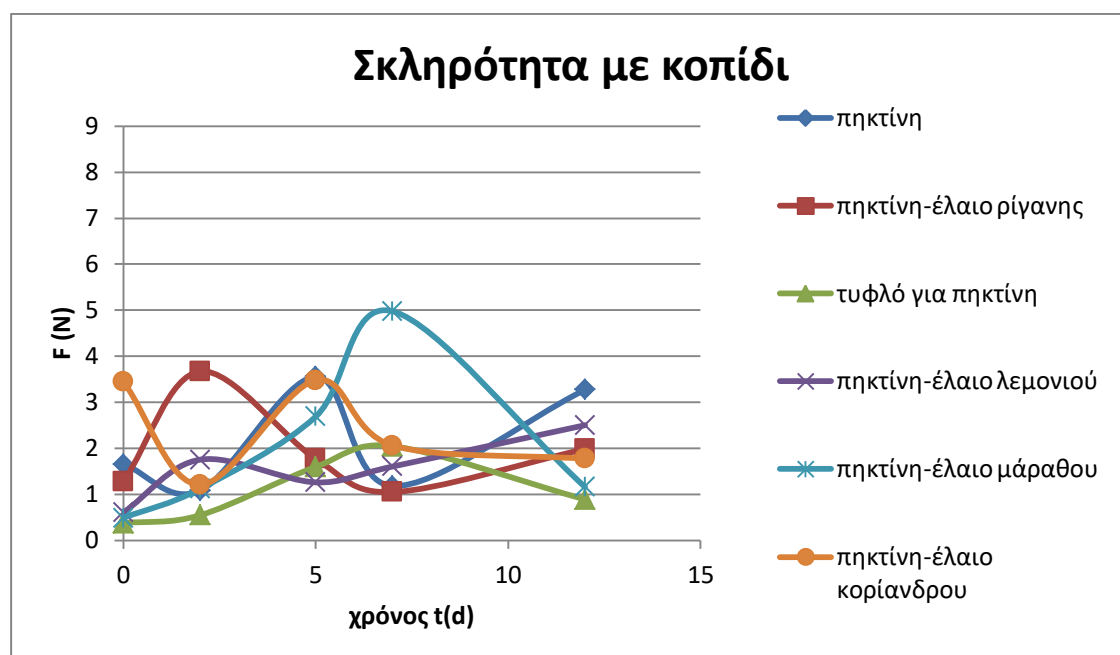
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 43: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Παρατηρούνται αυξομειώσεις στη σκληρότητα για τα δείγματα με έλαια ρίγανης και κορίανδρου. Τα υπόλοιπα δείγματα παρουσιάζουν μία σταθερή συμπεριφορά και έχουν μικρότερη σκληρότητα από την αντίστοιχη του τυφλού για όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 44: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κοπίδι για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

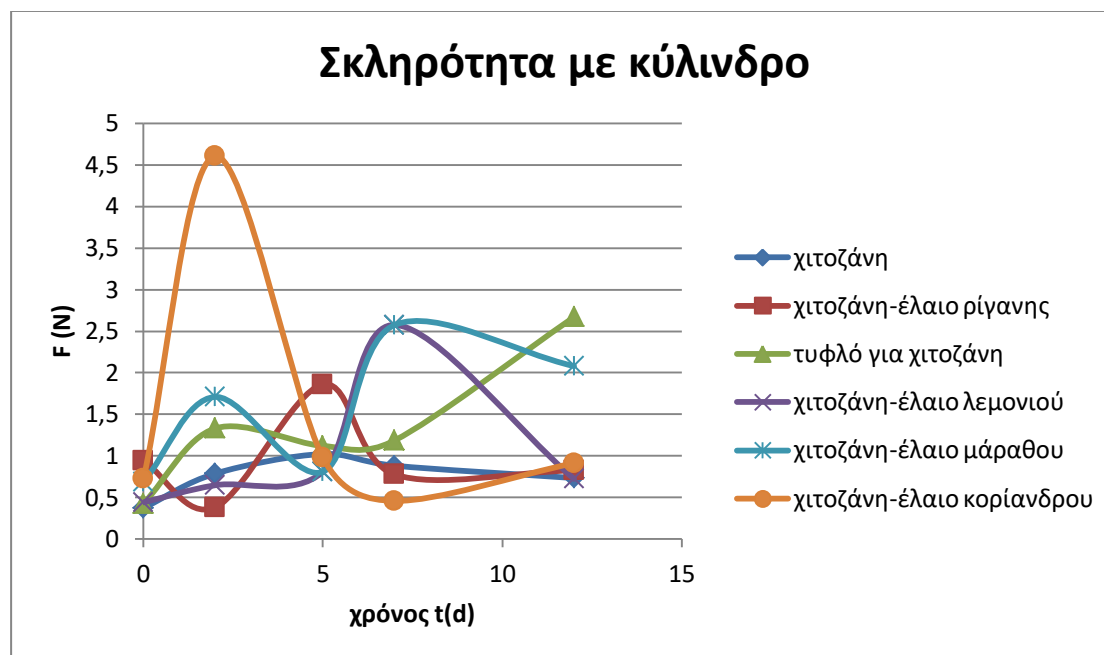
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα σε όλα τα δείγματα παρουσιάζουν αυξομειώσεις στη σκληρότητά τους, με εξαίρεση το τυφλό δείγμα και το δείγμα με έλαιο λεμονιού. Η σκληρότητα για το τυφλό δείγμα είναι μειωμένη σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη σκληρότητα με κοπίδι των δειγμάτων.

7.3.9 Σκληρότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

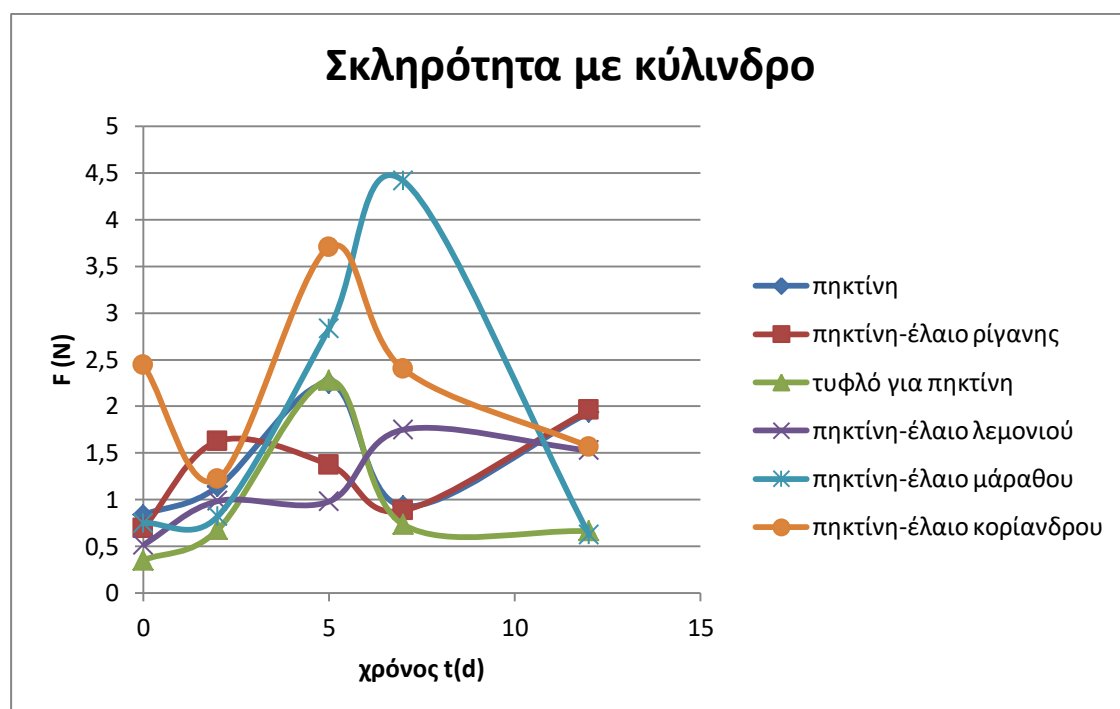
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 45: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Γενικά όλα τα δείγματα έχουν αυξομειώσεις στη σκληρότητα τους, με το δείγμα με πηκτίνη να παρουσιάζει μία πιο σταθερή συμπεριφορά. Είναι αντιληπτό ότι η σκληρότητα με κύλινδρο είναι μειωμένη στα δείγματα με χιτοζάνη καθώς και στα υπόλοιπα που έχουν αντιμικροβιακό σε σχέση με το τυφλό στο τέλος των 12 ημερών αποθήκευσης.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 46: Διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας με κύλινδρο για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

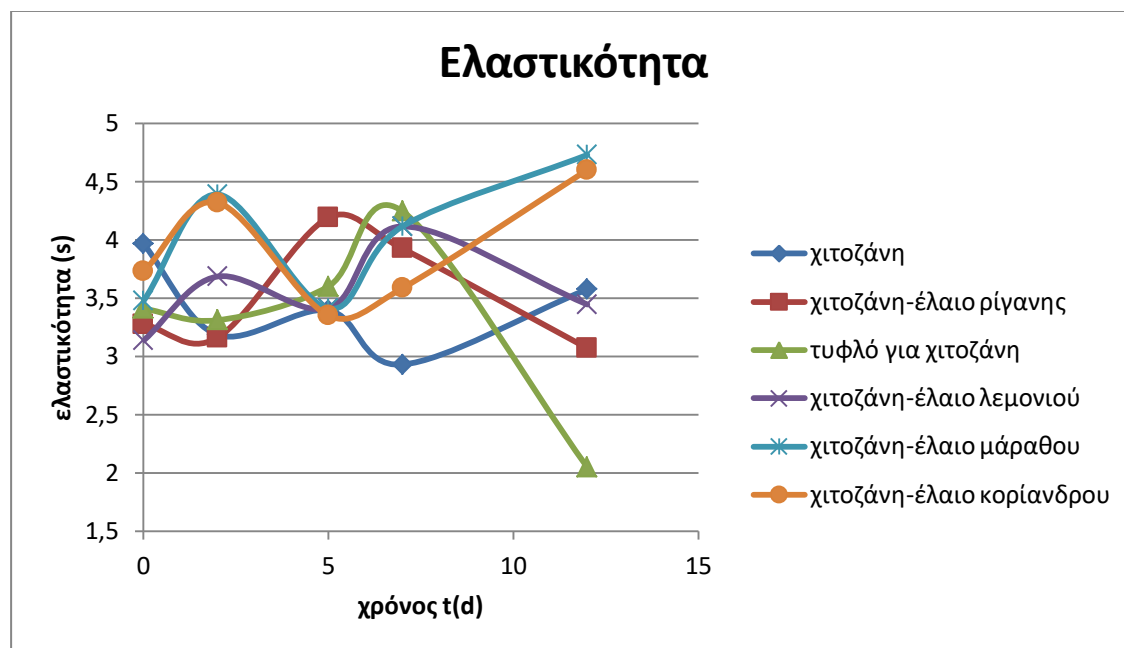
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα έχουν έντονα ανοδική και έπειτα πτωτική πορεία στη σκληρότητά τους. Το δείγμα με έλαιο λεμονιού παρουσιάζει παραπλήσια συμπεριφορά με το τυφλό δείγμα. Γενικά τα δείγματα έχουν αυξημένη σκληρότητα με κύλινδρο σε σχέση με το τυφλό.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη σκληρότητα με κύλινδρο των δειγμάτων.

7.3.10 Ελαστικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της ελαστικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

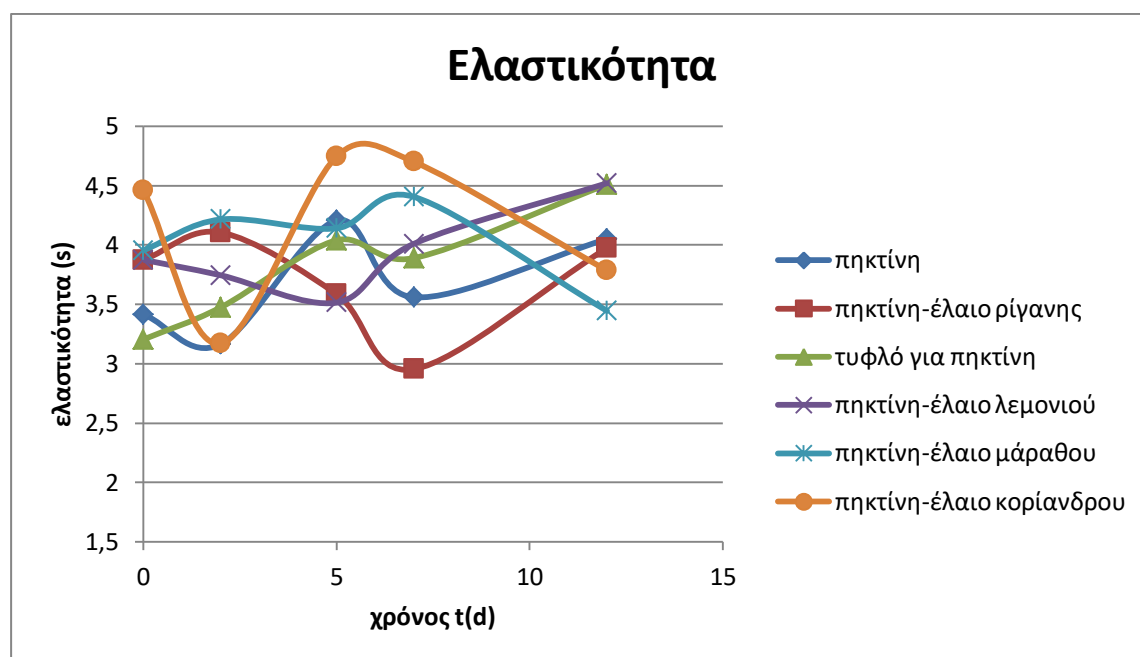
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 47: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Τα δείγματα παρουσιάζουν μικρές μεταβολές στην ελαστικότητα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Όλα έχουν αυξημένη ελαστικότητα σε σχέση με το τυφλό το οποίο στο τέλος παρουσιάζει ελάχιστη ελαστικότητα. Είναι κατανοητό ότι η χιτοζάνη δρα θετικά στη διατήρηση της ελαστικότητας των χτενιών.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 48: Διάγραμμα μεταβολής της ελαστικότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

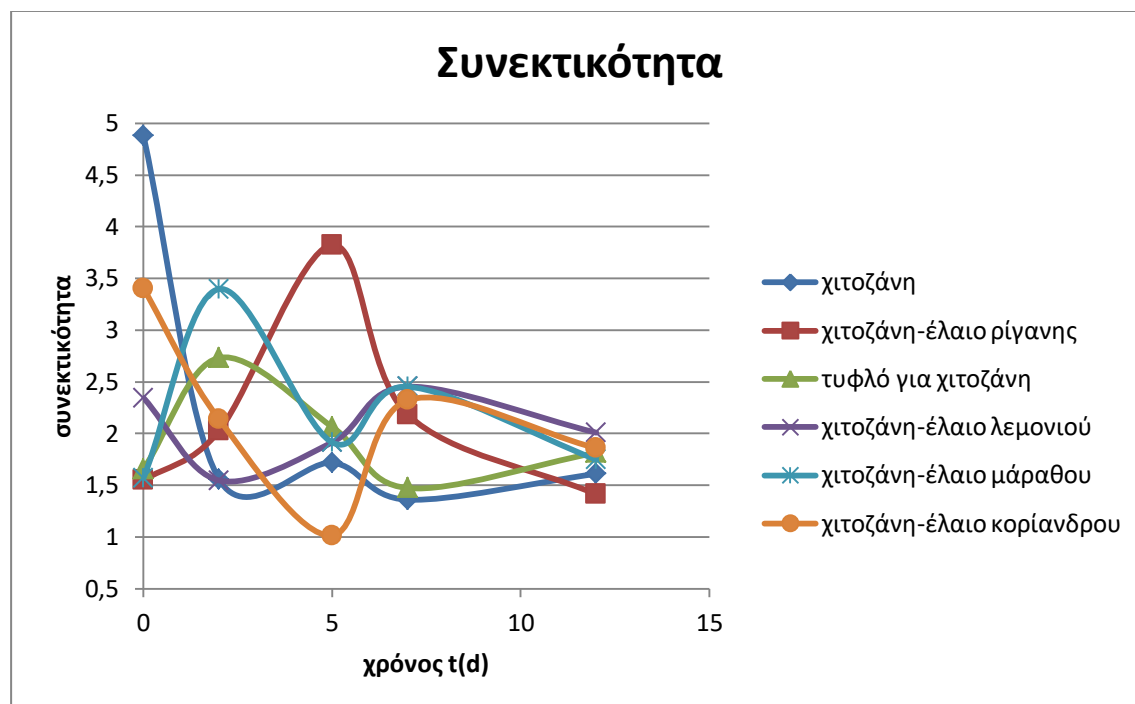
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα όλα τα δείγματα έχουν μικρές αυξομειώσεις που τείνουν να φανερώνουν σταθερότητα της ελαστικότητας. Όλα τα δείγματα έχουν παρόμοια συμπεριφορά με το τυφλό κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πηκτίνη καθώς και τα ενσωματούμενα σε αυτή αντιμικροβιακά δεν επηρεάζουν την ελαστικότητα των χτενιών.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στην ελαστικότητα των δειγμάτων.

7.3.11 Συνεκτικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της συνεκτικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

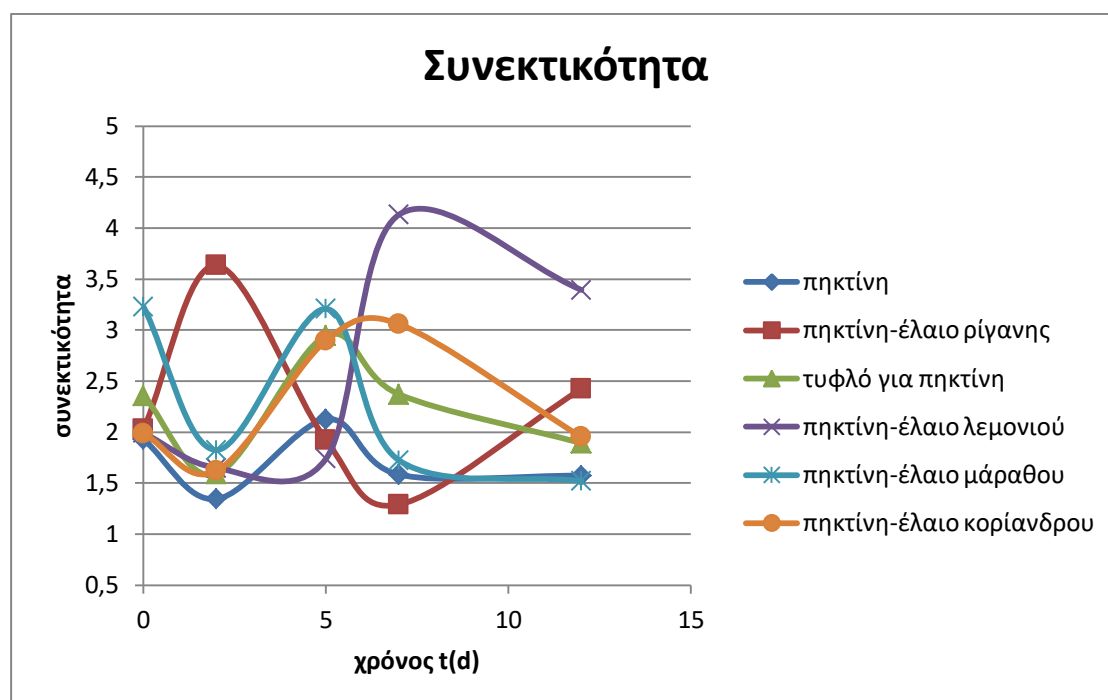
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 49: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Υπάρχουν αυξομειώσεις της συνεκτικότητας για όλα τα δείγματα με εξαίρεση το δείγμα με έλαιο λεμονιού που τείνει να παρουσιάζει σταθερή πορεία. Ενώ στις πρώτες ημέρες υπάρχουν διαφορές στη συνεκτικότητα μεταξύ τυφλού και τα υπόλοιπων δειγμάτων, κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται στις τελευταίες ημέρες αποθήκευσης των χτενιών.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 50: Διάγραμμα μεταβολής της συνεκτικότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

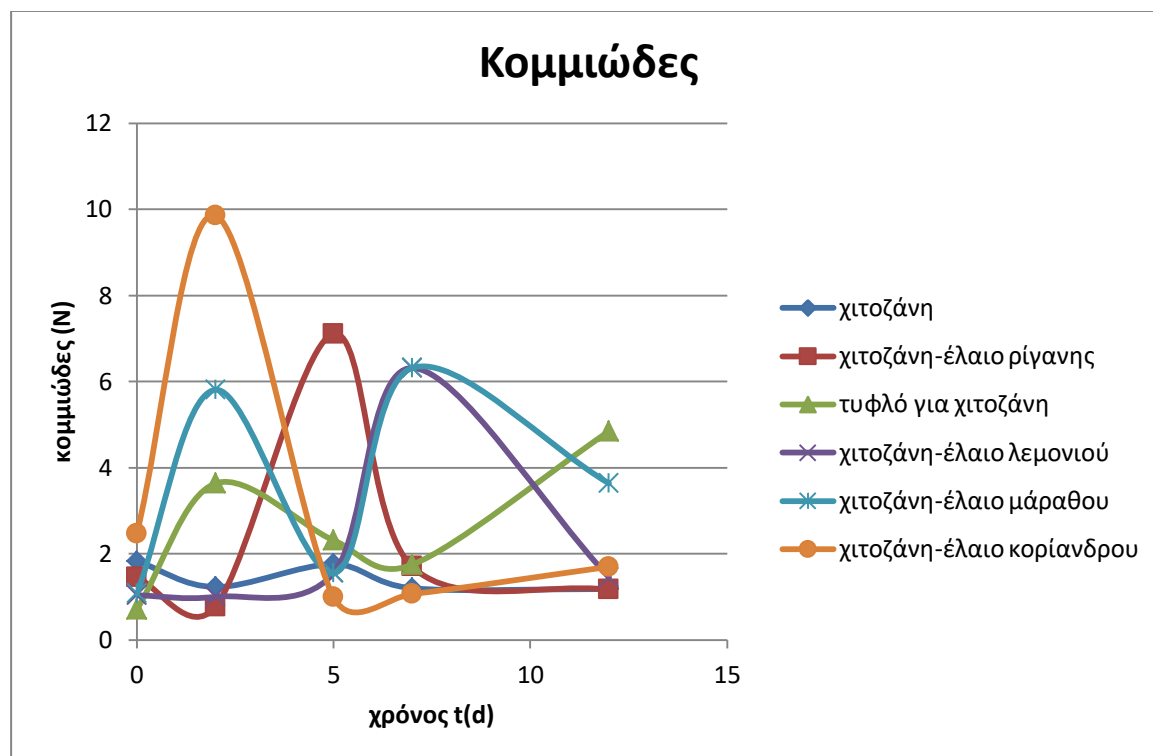
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα το τυφλό έχει παραπλήσια συμπεριφορά στη συνεκτικότητα με τα δείγματα με έλαια μάραθου και κορίανδρου. Το δείγμα με πηκτίνη τείνει να έχει σταθερή πορεία ενώ τα δείγματα με έλαια ρίγανης και λεμονιού έχουν μεγάλες μεταβολές.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη συνεκτικότητα των δειγμάτων.

7.3.12 Κομμώδες βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο του κομμώδους βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

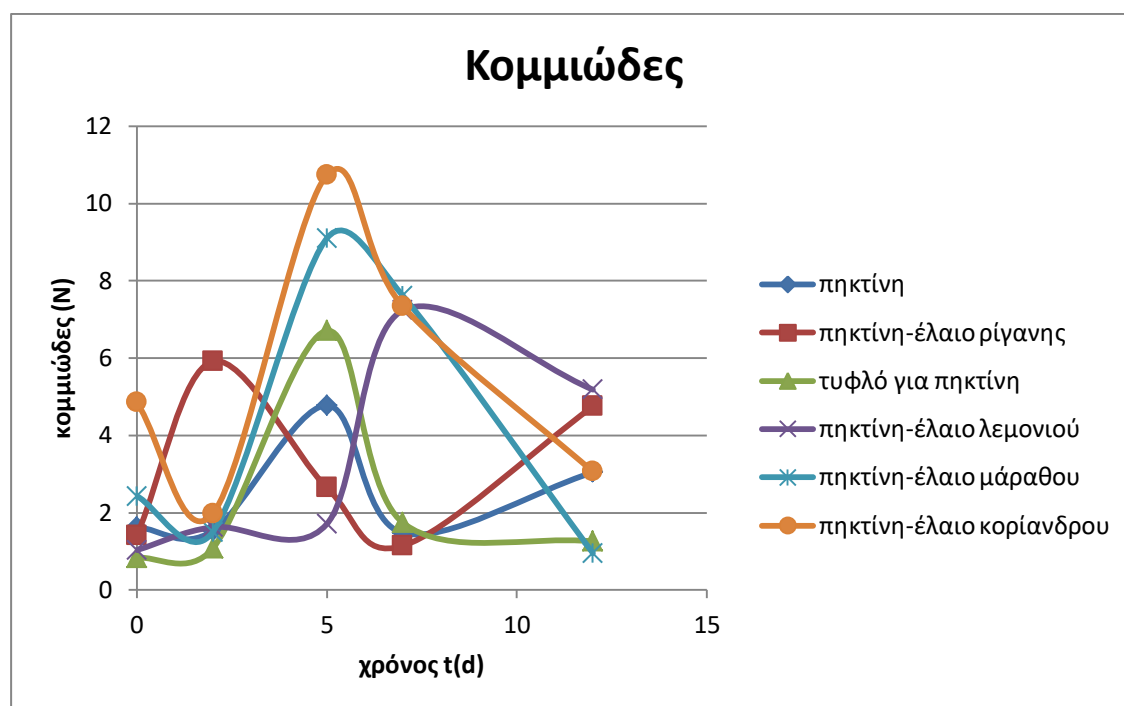
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 51: Διάγραμμα μεταβολής του κομμώδους για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Τα δείγματα παρουσιάζουν αυξητική και έπειτα μειωτική τάση στο κομμώδες τους, με εξαίρεση το δείγμα χιτοζάνης και το δείγμα με έλαιο λεμονιού. Επίσης για όλα τα δείγματα γίνεται αντιληπτό ότι η συνολική μεταβολή του κομμώδους στη διάρκεια των 12 ημερών αποθήκευσης είναι πολύ μικρή σε μέγεθος.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 52: Διάγραμμα μεταβολής του κομμιώδους για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

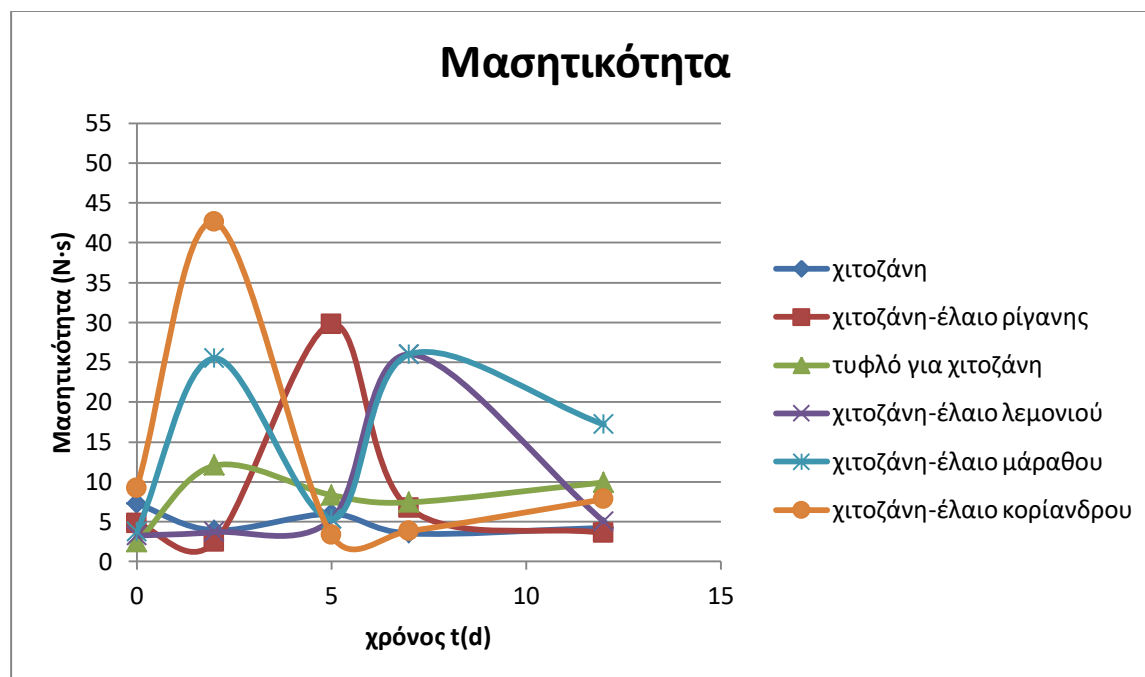
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα τα δείγματα με πηκτίνη καθώς και εκείνα με έλαια μάραθου και κορίανδρου έχουν παρόμοια συμπεριφορά στο κομμιώδες με το τυφλό δείγμα. Τα δύο τελευταία έχουν αυξημένο κομμιώδες σε σχέση με το τυφλό στην πάροδο των 12 ημερών αποθήκευσης ενώ το δείγμα με πηκτίνη μειωμένο. Τα δείγματα με έλαια ρίγανης και λεμονιού έχουν αυξομειώσεις του κομμιώδους τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους.

Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στο κομμιώδες των δειγμάτων.

7.3.13 Μασητικότητα βάσει της συμπίεσης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη ως προς το χρόνο της μασητικότητας βάσει της συμπίεσης για τα δείγματα χτενιών με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, χιτοζάνης και πηκτίνης και ενσωμάτωση σε αυτές αντιμικροβιακών ουσιών (έλαια ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κοριάνδρου) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.

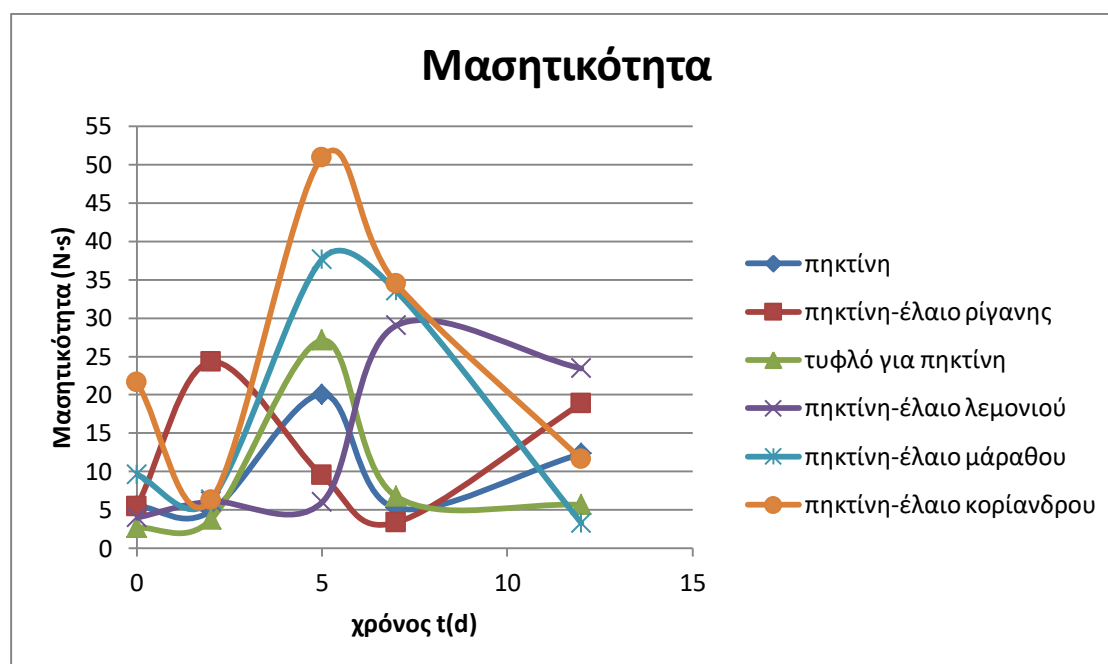
Δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 53: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Τα δείγματα παρουσιάζουν ανοδική και έπειτα πτωτική πορεία στη μασητικότητά τους, με εξαίρεση το δείγμα χιτοζάνης και το δείγμα με έλαιο λεμονιού. Επίσης για όλα τα δείγματα γίνεται αντιληπτό ότι η συνολική μεταβολή του κομμιώδους στη διάρκεια των 12 ημερών είναι ανεπαίσθητη.

Δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά



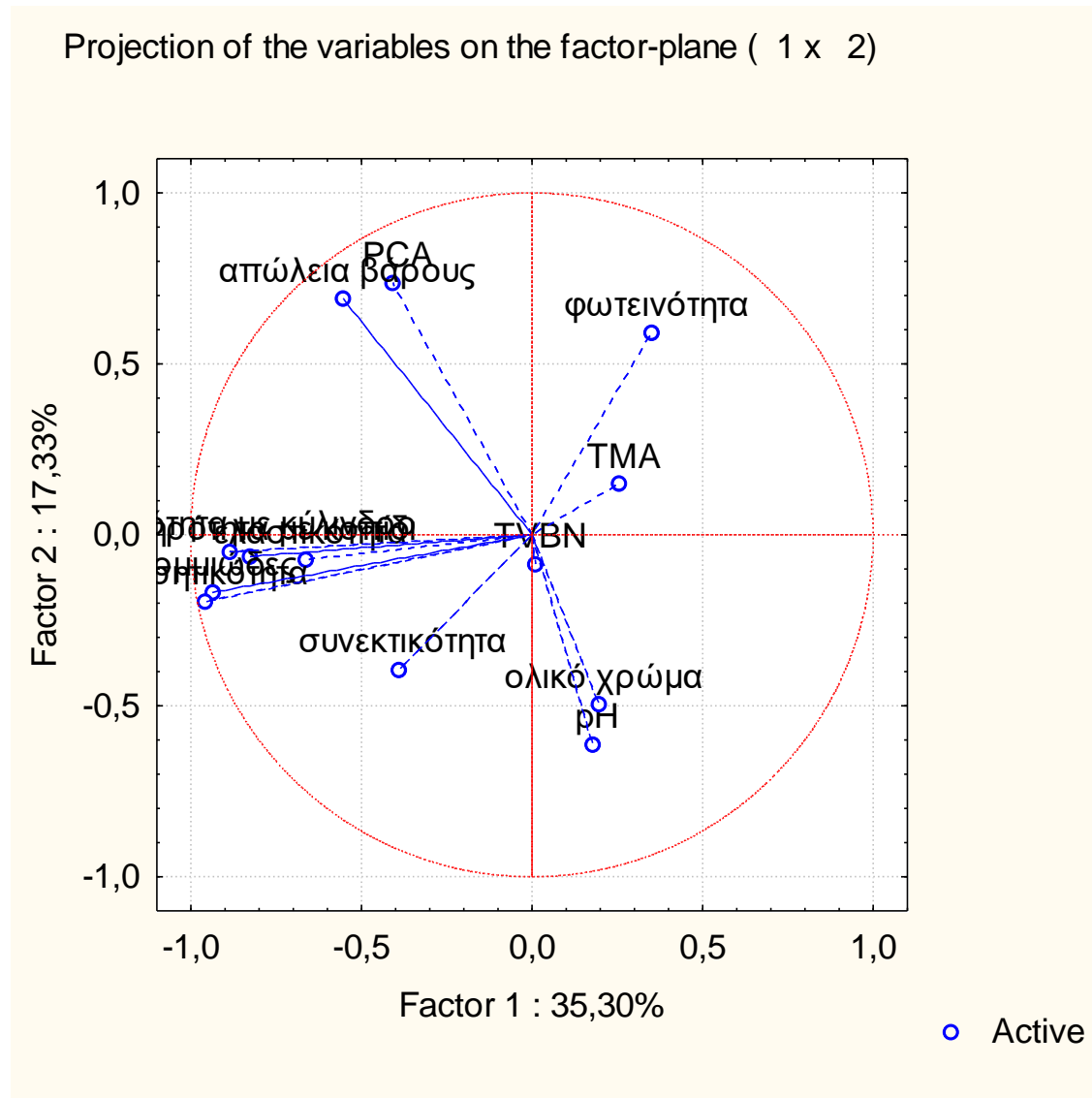
Διάγραμμα 54: Διάγραμμα μεταβολής της μασητικότητας για δείγματα χτενιών με επικάλυψη πηκτίνης και ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις για όλα τα δείγματα. Γενικά η μασητικότητα είναι μειωμένη σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα στο τέλος των 12 ημερών αποθήκευσης. Πάντως η μασητικότητα αυξάνεται όταν στο δείγμα με πηκτίνη προστεθούν έλαια μάραθου και κορίανδρου.

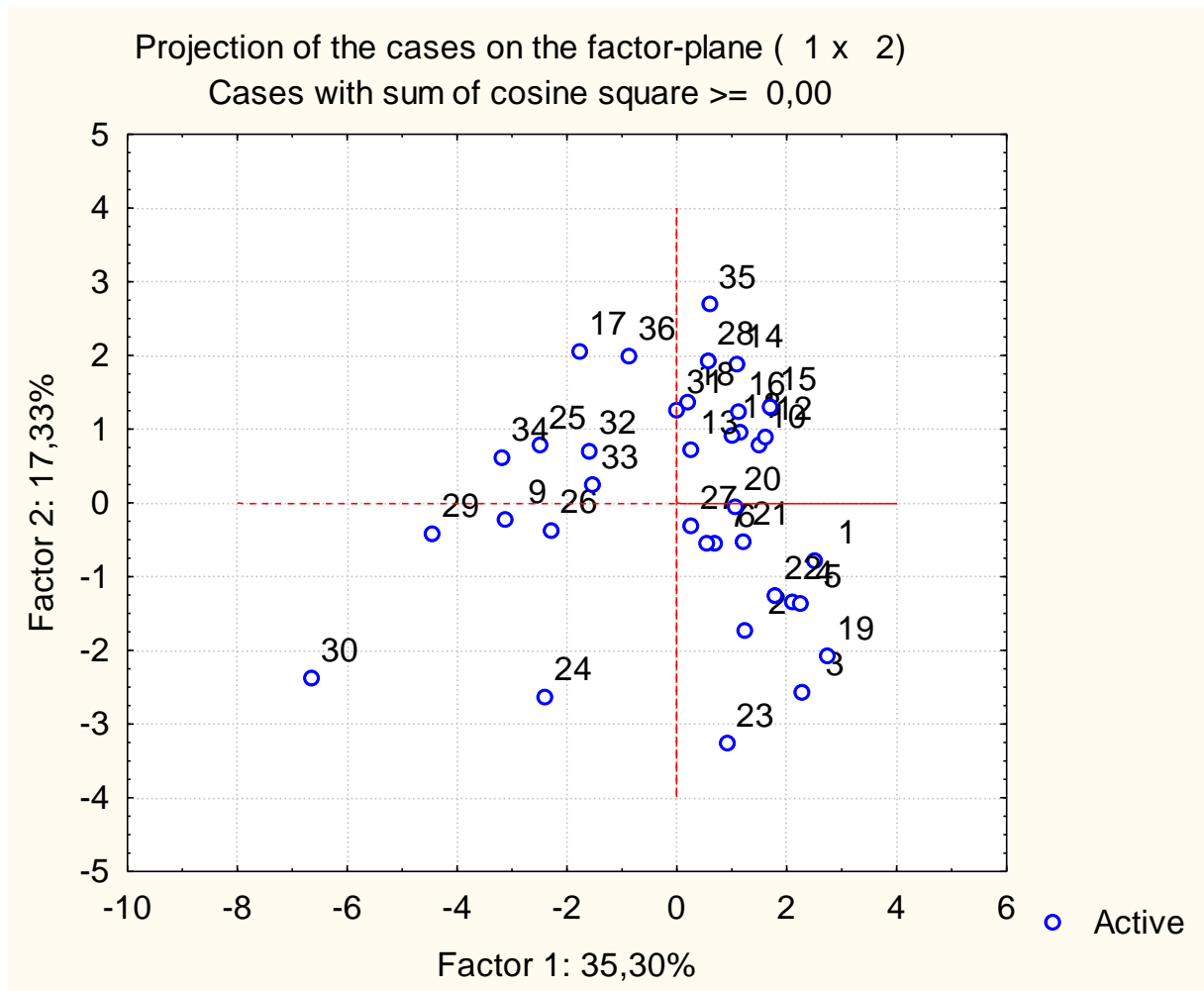
Από τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε ότι κανένας από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν δεν επιδρά σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$) στη μασητικότητα των δειγμάτων.

7.3.14 Ανάλυση κύριων συνιστωσών

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα χτενιών που είναι επικαλυμμένα με μεμβράνη χιτοζάνης και πηκτίνης και έχουν ενσωματωθεί σε αυτά φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα διαγράμματα 55 και 56 που ακολουθούν.



Διάγραμμα 55: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για πείραμα της επικάλυψης χτενιών με εδώδιμες μεμβράνες με ενσωματούμενα φυσικά αντιμικροβιακά



Διάγραμμα 56: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για το πείραμα της επικάλυψης χτενιών με εδωδιμες μεμβράνες με ενσωματούμενα φυσικά αντιμικροβιακά

Από το διάγραμμα 55 φαίνεται ότι στο πείραμα διατήρησης σε ψύξη χτενιών με επικάλυψη χιτοζάνης και πηκτίνης με ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών, η πρώτη κύρια συνιστώσα εμφανίζει συνεισφορά ίση με 35,30%, ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα 17,33%. Το άθροισμα της συνεισφοράς των κύριων συνιστωσών είναι 52,63%.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 55, με την πρώτη κύρια συνιστώσα σχετίζονται η σκληρότητα με βάση την κοπή, η σκληρότητα με βάση τη συμπίεση, η ελαστικότητα, η μασητικότητα και το κομμώδες. Και οι πέντε παράμετροι εμφανίζουν αρνητική επίδραση στην πρώτη κύρια συνιστώσα.

Το pH, η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA), η φωτεινότητα και η % απώλεια βάρους σχετίζονται με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα. Από αυτές το pH εμφανίζει αρνητική επίδραση ενώ η ολική μικροβιακή χλωρίδα, η φωτεινότητα και η % απώλεια βάρους εμφανίζουν θετική επίδραση.

Οι συσχετίσιμες μεταβλητές είναι :

- Η σκληρότητα με βάση την κοπή με τη σκληρότητα με βάση τη συμπίεση, την ελαστικότητα, τη μασητικότητα και με το κομμιώδες.
- Το pH με το ολικό χρώμα.
- Η % απώλεια βάρους με την ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA).

Οι μη συσχετίσιμες μεταβλητές είναι :

- Η φωτεινότητα με τη συνεκτικότητα.
- Η % απώλεια βάρους με το pH.
- Η ολική μικροβιακή χλωρίδα (PCA) με το ολικό χρώμα και το οργανικό ολικό άζωτο (TVBN).
- Η παραγόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA) με το κομμιώδες και τη μασητικότητα.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 56, τα δείγματα χωρίζονται σε 3 ομάδες :

Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα δείγματα 24 και 30, πιο συγκεκριμένα ανήκουν στα δείγματα με πηκτίνη και έλαιο κορίανδρου για $t=0$ και $t=5$.

Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα δείγματα 9, 17, 25, 26, 29, 32, 33, 34 και 36 όπου ανήκουν δείγματα κυρίως πηκτίνης σε $t=12$ αλλά και κάποια λίγα με χιτοζάνη σε $t=5$.

Στην τρίτη ομάδα ανήκουν τα υπόλοιπα δείγματα τα οποία είναι αποθηκευμένα σε $t=0$ και $t=5$ κατά κύριο λόγο. Η ομαδοποίηση αυτή αποδεικνύει ότι δεν εμφανίζονται μεγάλες διαφορές στις μετρούμενες μεταβλητές για τα δείγματα στους προαναφερθέντες χρόνους αποθήκευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα & Προτάσεις για το μέλλον

8.1 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη διατήρησης σε ψύξη επικαλυμμένων μυδιών και χτενιών με εδώδιμες μεμβράνες χιτοζάνης και πηκτίνης με ενσωμάτωση σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών έλαιου ρίγανης, λεμονιού, μάραθου και κορίανδρου προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

Τα αποτελέσματα για τη μεταβολή της ολικής μικροβιακής χλωρίδας έδειξαν ότι η μεμβράνη χιτοζάνης λειτουργεί πιο θετικά τόσο στα μύδια όσο και στα χτένια σε σχέση με την πηκτίνη. Το δείγμα με ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού ελαίου κορίανδρου έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από εκείνο με απλή μεμβράνη χιτοζάνης στην περίπτωση των μυδιών. Όσον αφορά στα χτένια αποτελεσματικά για τον περιορισμό της μικροβιακής αλλοίωσης ήταν τα αντιμικροβιακά έλαια ρίγανης και κορίανδρου.

Όσον αφορά την % απώλεια βάρους κατά την αποθήκευση των δειγμάτων προέκυψε ότι οι επικαλύψεις βοηθούν στη διατήρηση του βάρους τους. Μικρότερες απώλειες παρατηρήθηκαν για την πηκτίνη τόσο στα μύδια όσο και στα χτένια. Να σημειωθεί ότι το μόνο αντιμικροβιακό που φάνηκε να αποτρέπει περαιτέρω απώλεια βάρους ήταν το έλαιο ρίγανης στην περίπτωση των χτενιών.

Όσον αφορά το pH των δειγμάτων μυδιών παρουσιάστηκαν ορισμένες αυξομειώσεις στην τιμή του κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους με τη χιτοζάνη να παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, όταν σε αυτήν ενσωματώθηκαν έλαια ρίγανης και κορίανδρου το pH έδειξε μία πιο σταθερή πορεία. Από την άλλη, στα χτένια οι δύο επικαλυπτικές μεμβράνες έδειξαν ότι είχαν την τάση να διατηρούν σχεδόν σταθερό το pH των δειγμάτων, με τη χιτοζάνη να παρουσιάζει τα πιο καλά αποτελέσματα καθώς στην πηκτίνη παρατηρήθηκε μία πιο πτωτική τάση. Τα φυσικά αντιμικροβιακά που ενσωματώθηκαν στη χιτοζάνη είχαν όλα καλή συμπεριφορά.

Η παραγόμενη τριμεθυλαμίνη (TMA) διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, όταν το ιχθυρό προϊόν είτε μύδι είτε χτένι επικαλύπτεται με χιτοζάνη. Στα μύδια, η TMA διατηρήθηκε σε χαμηλές τιμές, όταν χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός πηκτίνης και έλαιο ρίγανης. Στα χτένια παρατηρήθηκε ότι η ενσωμάτωση αντιμικροβιακής ουσίας σε επικάλυψη πηκτίνης μόνο θετική δεν ήταν. Γενικότερα, τα χαμηλότερα επίπεδα παραγόμενης τριμεθυλαμίνης προέκυψαν, όταν στα επικαλυμμένα σε χιτοζάνη δείγματα προστέθηκαν έλαια μάραθου και κορίανδρου.

Όσον αφορά το ολικό οργανικό άζωτο (TVBN), η χιτοζάνη έδειξε να είναι ικανότερη να διατηρεί χαμηλές τιμές όταν αυτή εφαρμόστηκε σε μύδια. Όπως και με την παραγόμενη τριμεθυλαμίνη ο συνδυασμός πηκτίνης και ελαίου ρίγανης είχε θετικά αποτελέσματα. Παρόμοια δράση έδειξε και το δείγμα με πηκτίνη και έλαιο κορίανδρου. Στα χτένια υπήρξαν πολλές αυξομειώσεις και γενικά ιδιαίτερα υψηλές τιμές TVBN. Το δείγμα με χιτοζάνη και έλαιο λεμονιού ήταν μια εξαίρεση καθώς κι εκείνο με απλή πηκτίνη.

Το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων μυδιών και χτενιών εκτιμήθηκε με βάση τη φωτεινότητα και τη μεταβολή του ολικού χρώματος κατά την αποθήκευση. Η φωτεινότητα και στα δύο ιχθυρά, όταν αυτά επικαλύφθηκαν με τις δύο μεμβράνες, φάνηκε να μην

επηρεάζεται ιδιαίτερα. Η συνολική μεταβολή της φωτεινότητας όπως παρατηρήθηκε ήταν πολύ μικρή. Από την άλλη πλευρά, φανερή ήταν η «ανικανότητα» και των δύο επικαλυπτικών μεμβρανών να διατηρήσουν το ολικό χρώμα τόσο των μυδιών όσο και των χτενιών καθώς παρουσιάστηκαν πολλές αυξομειώσεις στην τιμή του.

Όσον αφορά τη σκληρότητα βάσει της κοπής των μυδιών, παρατηρήθηκε ότι όταν αυτά επικαλύφθηκαν με χιτοζάνη είχαν αυξημένη σκληρότητα. Ιδιαίτερα αυξημένη σκληρότητα παρουσίασε το δείγμα με ενσωματωμένο έλαιο λεμονιού. Στην περίπτωση της πηκτίνης η συνολική μεταβολή της σκληρότητας είναι ανεπαίσθητη για όλα τα δείγματα, ωστόσο υπάρχει μία γενική τάση αύξησης της σκληρότητας κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών της αποθήκευσης. Για τα δείγματα χτενιών επικαλυμμένα με χιτοζάνη η σκληρότητα ακολουθεί μία σταθερή πορεία, με εξαίρεση τα δείγματα με έλαια ρίγανης και κοριάνδρου που στις πρώτες ημέρες αποθήκευσης παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη σκληρότητα. Για τα εμβαπτισμένα σε πηκτίνη δείγματα χτενιών, η σκληρότητα είχε ανοδική τάση για τα δείγματα με έλαιο λεμονιού και απλή πηκτίνη.

Όσον αφορά τη σκληρότητα βάσει της συμπίεσης των μυδιών, παρατηρήθηκε ότι όταν αυτά επικαλύφθηκαν με τις δύο χρησιμοποιούμενες μεμβράνες είχαν αυξημένη σκληρότητα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα δείγματα με ενσωματωμένο έλαιο κοριάνδρου τόσο για τη χιτοζάνη όσο και για την πηκτίνη είχαν τη μεγαλύτερη σκληρότητα. Στην περίπτωση των χτενιών που έχουν επικαλυφθεί με χιτοζάνη παρατηρείται ότι γενικά έχουν μειωμένη σκληρότητα όλα τα δείγματα, με εξαίρεση το δείγμα με έλαιο μάραθου. Από την άλλη, για την πηκτίνη η σκληρότητα είναι γενικά αυξημένη για όλα τα δείγματα.

Όσον αφορά την ελαστικότητα για τα δείγματα μυδιών, φαίνεται ότι η χιτοζάνη και η πηκτίνη δεν την επηρεάζουν καθώς όλα τα δείγματα, καθώς και αυτά με ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά έχουν σταθερές τιμές ελαστικότητας. Από την άλλη, παρατηρείται ότι για τα χτένια που έχουν επικαλυφθεί με χιτοζάνη υπάρχει σχετικά αυξημένη ελαστικότητα κυρίως για τα δείγματα με έλαια λεμονιού και κοριάνδρου. Στην περίπτωση της πηκτίνης γίνεται αντιληπτό πως η ελαστικότητα δεν επηρεάζεται ούτε από τη μεμβράνη ούτε από τα ενσωματούμενα σε αυτήν αντιμικροβιακά.

Συνεχίζοντας σε επόμενο χαρακτηριστικό της υφής, τη συνεκτικότητα, παρατηρείται ότι στα δείγματα μυδιών με χιτοζάνη και πηκτίνη δεν υπάρχουν ιδιαίτερες μεταβολές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Για τα χτένια με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης η συνεκτικότητα φαίνεται να έχει μία τάση για μείωση αυτής. Στην περίπτωση της πηκτίνης η συνεκτικότητα έχει αμελητέα συνολική μεταβολή για όλα τα δείγματα, με εξαίρεση το δείγμα με έλαιο λεμονιού που έχει σημαντική αύξηση αυτής.

Όσον αφορά το κομμώδες για τα δείγματα μυδιών, παρατηρείται ότι αυξάνεται όταν επικαλύπτονται με χιτοζάνη. Ιδιαίτερα αυξημένο κομμώδες παρουσιάζει το δείγμα έλαιο λεμονιού. Στην περίπτωση της πηκτίνης φαίνεται πως τα δείγματα με έλαια λεμονιού και μάραθου και απλή πηκτίνη διατηρούν αρχικά σταθερό το κομμώδες ενώ έπειτα αυτό αυξάνεται. Για τα δείγματα με έλαια ρίγανης και κοριάνδρου φαίνεται πως το κομμώδες μειώνεται. Στην περίπτωση των δειγμάτων χτενιών το κομμώδες και για τις δύο επικαλυπτικές μεμβράνες είναι αυξημένο. Ιδιαίτερη αύξηση παρατηρείται για το δείγμα με πηκτίνη και έλαιο λεμονιού.

Όσον αφορά τη μασητικότητα των δειγμάτων μυδιών τόσο για τη χιτοζάνη όσο και για την πηκτίνη, είναι φανερό πως είναι αυξημένη. Στα δείγματα με χιτοζάνη και έλαια μάραθου και κορίανδρου η μασητικότητα έχει πολύ μεγάλες τιμές. Αντίστοιχης τάξης τιμές παρατηρούνται και για τα δείγματα με πηκτίνη και έλαια λεμονιού και κορίανδρου. Για τα χτένια με χιτοζάνη παρά την αρχική αύξηση της μασητικότητας σε όλα τα δείγματα, παρατηρείται μείωση αυτής στις τελευταίες ημέρες της αποθήκευσης. Εξαιρέση αποτελεί το δείγμα με έλαιο μάραθου. Στην περίπτωση της πηκτίνης, τα δείγματα δείχνουν αρχικά να αυξάνουν τις τιμές της μασητικότητας ωστόσο ύστερα δείχνουν έντονη πτώση. Ιδιαίτερα αυξημένες τιμές έχουν τα δείγματα με έλαια μάραθου και κορίανδρου.

Τέλος, αξιολογώντας τα συμπεράσματα που προέκυψαν, αποδείχτηκε ότι τόσο για τα δείγματα μυδιών όσο και για τα δείγματα χτενιών πως η επικάλυψη χιτοζάνης έδωσε καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αφορά τις παραμέτρους αλλοίωσης. Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν φάνηκε να επισκιάζει η μία μεμβράνη την άλλη σε επίπεδο αποτελεσμάτων. Από τα φυσικά αντιμικροβιακά που ενσωματώθηκαν στην επικάλυψη χιτοζάνης, τα έλαια ρίγανης και κορίανδρου βοήθησαν ιδιαίτερα στη διατήρηση των δύο ιχθυρών υπό ψύξη, καθώς έδωσαν θετικά αποτελέσματα σε ότι αφορά τις παραμέτρους αλλοίωσης. Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά φάνηκε πως από τα φυσικά αντιμικροβιακά καλύτερη συμπεριφορά είχαν τα έλαια λεμονιού και κορίανδρου.

8.2 Προτάσεις για το μέλλον

Γενικά η χρησιμοποίηση εδωδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών με παράλληλη ενσωμάτωση σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών, με σκοπό την καθυστέρηση της μικροβιακής και ποιοτικής αλλοίωσης αποτελεί ένα ενδιαφέρον αντικείμενο έρευνας και εφαρμογής για τη συντήρηση τροφίμων. Αυτός ο τομέας των τροφίμων φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενος και να παρουσιάζει συνεχή εξέλιξη, ενώ ταυτόχρονα χρήζει της αποδοχής των καταναλωτών καθώς κυριαρχούν οι φυσικές ουσίες και παραγκωνίζονται οι χημικές. Για κάποιον που ενδιαφέρεται να πραγματοποιήσει περαιτέρω μελέτη πάνω σε αυτό το αντικείμενο προτείνεται:

- Η χρήση άλλων επικαλυπτικών μεμβρανών πέραν της χιτοζάνης με αντίστοιχη ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών.
- Προσθήκη των φυσικών αντιμικροβιακών στη μάζα των μυδιών και των χτενιών.
- 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 και άλλων επικαλυπτικών μεμβρανών και άλλων φυσικών αντιμικροβιακών για να τη διερεύνηση της δράσης τους όπως επίσης και η εφαρμογή τους σε άλλα είδη ιχθυρών.
- Η μελέτη των δειγμάτων σε διάφορες θερμοκρασίες, έτσι ώστε να γίνει διερεύνηση της επίδρασης αυτής στη συντήρηση των δειγμάτων και μετέπειτα υπολογισμός του χρόνου ζωής τους

- Η εξέταση του συνδυασμού των επικαλυπτικών μεμβρανών με ενσωματωμένα φυσικά αντιμικροβιακά σε μύδια και χτένια είτε με αποθήκευση υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) είτε με εφαρμογή ιονίζουσων ακτινοβολιών.
- Βελτιστοποίηση του συνδυασμού χιτοζάνης και ελαίου κορίανδρου στα μύδια και στα χτένια καθώς και εφαρμογή του σε άλλα ιχθυρά προϊόντα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ. Παπαναστασίου, Τεχνολογία και Ποιοτικός Έλεγχος Αλιευμάτων, Εκδόσεις Ιων, 1990.
2. H. Belitz, W. Grosch and P. Scieberle, "Ιχθυηρά, κητοειδή, οστρακόδερμα," στην *Χημεία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2009, p. 633-657
3. John A. Theodorou, Jacques Viaene, Patrick Sorgelos and Ioannis Tzovenis, Production and Marketing Trends of the Cultured Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819, in Greece, *Journal of Shellfish Research* 30(3):859-874, 2011
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 'FAO/ INFOODS global composition database for fish and shellfish, version 1.0-uFiSh 1.0', 2016
5. G. E. Napolitano, B. A. MacDonald, R. J. Thompson and R. G Ackman, 'Lipid composition of eggs and adductor muscle in giant scallops (*Placochelys magellanicus*) from different habitats', in *Marine Biology* 113, pp. 71-76, 1992.
6. E. Orban, G. Di Lena, T. Navigato, I. Casimi, A. Marzetti, R. Caproni, 'Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different sites, in *Food Chemistry* 77, pp.57-65, 2002
7. D. Kritchevsky, S. A. Tepper, N. W. Ditullio, W. L. Holmes, 'The sterols of seafood', in *Journal of food science*, Vol. 32, pp. 64-66, 1967
8. I.S. Racotta, J.L. Ramirez, A.M. Ibarra, M.C. Rodriguez-Jaramillo, D. Carreno, E. Palacios, 'Growth and gametogenesis in the lion-paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*' in *Aquaculture* 217, pp. 335-349, 2003
9. V. Venugopal and d. K. Gopakumar, 'Shellfish: Nutritive Value, Health Benefits and Consumer Safety," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, pp. 1-24, 2017.
10. 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.
11. Β.-Δ. Μπρατσιάκος, "Προσδιορισμός της ποιότητας νωπών αλιευμάτων μέσω εργαστηριακών μεθόδων," *Καλαμάτα*, 2016.
12. 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.
13. I. N. A. Ashie, J. P. Smith, B. K. Simpson & Dr. Norman F. Haard, "Spoilage and shelf-life of fresh fish and shellfish": Critical Reviews "*Food Science & Nutrition*", vol. 36, pp. 87-121, 1996
14. 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
15. 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.
16. Nuray Erkan, "Changes in quality characteristics during cold storage of shucked mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and selected chemical decomposition indicators", "*Journal of the Science of Food and Agriculture*", vol.85, pp. 2625-2630, 2005.

17. Claudia Ruiz-Capillas, William F. A., HornerCarol M. Gillyon, "Effect of packaging on the spoilage of king scallop (*Pecten maximus*) during chilled storage", "Eur Food Res Technol", vol.213, pp.95-98,2001.
18. Λαζαρίδου Σοφία, "Επικάλυψη τροφίμων και ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών: εφαρμογή σε φρέσκιες γαρίδες", Αθήνα 2018
19. Σ. Γεννάρης, Υπουργείο Γεωργίας και Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, [Online]. Available: <http://www.moa.gov.cy/vs>
20. P. Zeuthen, L. Bøgh-Sørensen, "Food preservation techniques", Ch. 1, pp. 1-2, 2003 P. Zeuthen, L. Bøgh-Sørensen, "Food preservation techniques", Ch. 1, pp. 1-2, 2003
21. 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
22. S. Boonsumrej, S. Chaiwanichsiri, S. Tantratian, T. Suzuki and R. Takai, "Effects of freezing and thawing on thw quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing," Journal of Food Engineering , vol. 80, pp. 292-299, 2007
23. K. J Murphy, N.J Man and A. J. Sinclair, "Fatty acid and sterol composition of frozen and freeze dried New Zealand Green Lipped Mussel (*Perna canaliculus*) from three sites in New Zealand", "Asia Pacific J Clin Nutr", vol. 12, pp. 50-60, 2003
24. K. Kawasima, H. Yamanaka, "Effects of freezing and thawing on post-mortem biochemical changes in scallop adductor muscle", "Fisheries Science", vol.61, pp. 691-695, 1995
25. Norma De Vido de Mattio, María Elida Paredi, Marcos Crupkin, "Postmor tem Changes in the Adductor Muscle of Scallop (*Chlamys tehuelchus*) in Chilled and Frozen Stor age", "Journal of Aquatic Food Product Technology", vol.10, pp. 49-60, 2001
26. G. M. Hall, "Smoking," in Fish Processing: Sustainability and New Opportunities, Prentson UK, Wiley-Blackwell, 2011, pp. 717-732.
27. 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. 287-365.
28. S. Slattery, "Packaging and the shelf life of fish," in Food Packaging and Shelf life A Practical Guide, CRC Press, 2010, pp. 279-295.
29. Nick Church, "Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies", in "Trends in Food Science& Technology", Vol. 5, pp. 345-352, 1994
30. Antonios E. Goulas, "Combined Effect of Chill Storage and Modified Atmosphere Packaging on Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) Preservation", in Wiley InterScience, Vol. 21, pp. 247-255, 2008
31. L. S. Andrews and R. M. Grodner, "Ionizing Radiation of Seafood", in " Food Preservation Techniques", Ch. 10, pp. 152-164, 2004
32. Constantina Tzia, Loucas Tasios, Charikleia Chranioti and Virginia Giannou, "Edible Coatings and Films to Preserve Quality of Fresh Fruits and Vegetables", in "Handbook of Food Processing: Food Preservation", Ch. 16, pp. 531-567, 2015.
33. 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.

34. Carmen A. Campos, Lía N. Gerschenson and Silvia K. Flores, "Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity", in "Food Bioprocess Technologies", Vol. 4, pp. 849-875, 2010
35. R. K. Dhall," Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review", in "Critical Reviews in Food Science and Nutrition", Vol. 53, pp. 435-450, 2013
36. J. M. Krotch, E. A. Baldwin and M. Nisperos-Carriedo, "Edible coatings and films to improve food quality", 1994.
37. Μ. Μοδίτση, "Μελέτη μεμβρανών από πρωτεΐνες γάλακτος ως συστήματα μεταφοράς και ελεγχόμενης απελευθέρωσης αντιμικροβιακών ουσιών," Θεσσαλονίκη, 2012.
38. 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
39. Elizabeth A. Baldwin," Surface Treatments and Edible Coatings in Food Preservation", in "Handbook of Food Preservation" Ch. 21, pp. 478-498, 2007
40. 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.
41. E. J. Smid and Leon G. M. Gorris, "Natural Antimicrobials for Food Preservation", in "Handbook of Food Preservation", Ch. 10, pp.237-254, 2007.
42. M. Sharma and R. Sharma, "Coriander," in Handbook of Herbs and Spices, pp. 216-249, 2012.
43. 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.
44. Ντόντου Ιωάννα, "Μελέτη της επίδρασης του αιθέριου ελαίου ρίγανης σε μύδια κατά τη συντήρησή τους στην ψύξη και κατά του *Vibrio parahaemolyticus*," Καρδίτσα, 2012.
45. 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.
46. 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.
47. S. R. Uhl, "A to Z Spices," in Spices, Seasonings and Flavorings, 2000.
48. V. Preedy, "Essential oils in food Preservation", in "Flavor and Safety", London: Academic Press, 2016.
49. F. Silva. S. Ferreira, J. A. Queiroz and F. C. Domingues, "Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: its antibacterial activity and mode of action evaluated by flow cytometry", in "Journal of Medical Microbiology", Vol. 60, pp. 1479-1486, 2011
50. M. B. Vasconez, S. K. Flores, C. A. Campos, J. Alavarado, L. N. Gerscherson, "Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings", in "Food Research International", Vol. 42, pp. 762-769, 2009.

51. 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 essentialoils on the safety and sensory quality of salted sardines (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792)," *Food Control*, pp. 1265-1274, 2017.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στατιστικά Αποτελέσματα

1^η σειρά: Δείγματα μυδιών

Στατιστικά αποτελέσματα για το PCA

Univariate Tests of Significance for PCA (μύδια μικροβιολογικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1163,123	1	1163,123	3042,248	0,000000
μεμβράνη	9,146	2	4,573	11,962	0,000059
αντιμικροβιακό	0,883	4	0,221	0,577	0,680396
χρόνος	26,756	4	6,689	17,496	0,000000
Error	18,734	49	0,382		

Duncan test; variable PCA (μύδια μικροβιολογικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,38232, df = 49,000				
Cell No.	μεμβράνη	PCA Mean	1	2
1	χιτοζάνη	5,222400		****
2	πηκτίνη	6,003600	****	
3	τυφλό	6,010000	****	

Duncan test; variable PCA (μύδια μικροβιολογικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,38232, df = 49,000						
Cell No.	χρόνος	PCA Mean	1	2	3	4
1	0	4,650000			****	
2	5	5,245000				****
3	8	5,775833	****			
4	10	6,223333	****	****		
5	12	6,501667		****		

Στατιστικά αποτελέσματα για την % Απώλεια Βάρους

Univariate Tests of Significance for απώλεια βάρους (%) (μύδια απώλεια βάρους) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3440,640	1	3440,640	684,5977	0,000000
μεμβράνη	238,399	2	119,200	23,7176	0,000000
αντιμικροβιακό	127,620	4	31,905	6,3483	0,000338
χρόνος	1205,248	4	301,312	59,9532	0,000000
Error	246,263	49	5,026		

Duncan test; variable απώλεια βάρους (%) (μύδια απώλεια βάρους) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 5,0258, df = 49,000				
Cell No.	μεμβράνη	απώλεια βάρους (%) Mean	1	2
2	πηκτίνη	6,88155		****
3	τυφλό	10,07632	****	
1	χιτοζάνη	10,53332	****	

Duncan test; variable απώλεια βάρους (%) (μύδια απώλεια βάρους) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 5,0258, df = 49,000				
Cell No.	αντιμικροβιακό	απώλεια βάρους (%) Mean	1	2
5	έλαιο κορίανδρου	7,70146	****	
1	σκέτο	8,18282	****	
2	έλαιο ρίγανης	9,21364	****	****
3	έλαιο λεμονιού	9,33287	****	****
4	έλαιο μάραθου	10,99988		****

Duncan test; variable απώλεια βάρους (%) (μύδια απώλεια βάρους) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 5,0258, df = 49,000				
Cell No.	χρόνος	απώλεια βάρους (%) Mean	1	2
1	0	0,00000		****
2	2	10,51772	****	
3	6	11,28212	****	
4	10	11,28288	****	
5	12	11,59519	****	

Στατιστικά αποτελέσματα για το pH

Effect	Univariate Tests of Significance for pH (μύδια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1499,015	1	1499,015	3870,065	0,000000
μεμβράνη	4,833	2	2,417	6,239	0,003455
αντιμικροβιακό	0,228	4	0,057	0,147	0,963671
χρόνος (d)	14,441	5	2,888	7,457	0,000017
Error	23,240	60	0,387		

Duncan test; variable pH (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,38734, df = 60,00				
Cell No.	μεμβράνη	pH Mean	1	2
1	χιτοζάνη	5,647000		****
3	τυφλό	6,109167	****	
2	πηκτίνη	6,188667	****	

Duncan test; variable pH (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,38734, df = 60,00				
Cell No.	χρόνος (d)	pH Mean	1	2
6	12	5,210000	****	
5	10	5,649167	****	
4	7	5,739167	****	
1	0	6,363333		****
2	2	6,365000		****
3	5	6,371667		****

Στατιστικά αποτελέσματα για το TMA

Univariate Tests of Significance for TMA (μύδια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2056,241	1	2056,241	82,32864	0,000000
μεμβράνη	390,860	2	195,430	7,82472	0,000956
αντιμικροβιακό	23,711	4	5,928	0,23734	0,916176
χρόνος (d)	40,747	5	8,149	0,32629	0,895208
Error	1498,560	60	24,976		

Duncan test; variable TMA (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 24,976, df = 60,00				
Cell No.	μεμβράνη	TMA Mean	1	2
1	χιτοζάνη	3,526756		****
2	πηκτίνη	8,049132	****	
3	τυφλό	9,896316	****	

Στατιστικά αποτελέσματα για το TVBN

Univariate Tests of Significance for TVBN (μύδια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8785,122	1	8785,122	198,6485	0,000000
μεμβράνη	14,286	2	7,143	0,1615	0,851222
αντιμικροβιακό	482,319	4	120,580	2,7265	0,037438
χρόνος (d)	579,579	5	115,916	2,6211	0,032891
Error	2653,467	60	44,224		

Duncan test; variable TVBN (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 44,224, df = 60,000				
Cell No.	αντιμικροβιακό	TVBN Mean	1	2
5	έλαιο κοριανδρου	10,43564		****
2	έλαιο ρίγανης	10,96056		****
1	σκέτο	16,53559	****	
3	έλαιο λεμονιού	16,66775	****	
4	έλαιο μάραθου	16,73252	****	

Duncan test; variable TVBN (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 44,224, df = 60,000				
Cell No.	χρόνος (d)	TVBN Mean	1	2
3	5	11,04473	****	
5	10	12,88313	****	
4	7	14,06793	****	
2	2	14,09364	****	
1	0	15,59273	****	****
6	12	20,18548		****

Στατιστικά αποτελέσματα για τη φωτεινότητα

Univariate Tests of Significance for φωτεινότητα (μύδ) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	202909,8	1	202909,8	7251,459	0,000000
μεμβράνη	74,0	2	37,0	1,323	0,273999
αντιμικροβιακό	36,5	4	9,1	0,326	0,859289
χρόνος (d)	175,2	5	35,0	1,253	0,296282
Error	1678,9	60	28,0		

Στατιστικά αποτελέσματα για το ολικό χρώμα

Univariate Tests of Significance for ολικό χρώμα (μύδι Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	158,3282	1	158,3282	116,0544	0,000000
μεμβράνη	1,0798	2	0,5399	0,3957	0,674932
αντιμικροβιακό	5,8974	4	1,4744	1,0807	0,374146
χρόνος (d)	5,4787	5	1,0957	0,8032	0,551872
Error	81,8555	60	1,3643		

Στατιστικά αποτελέσματα για την σκληρότητα με κοπίδι

Univariate Tests of Significance for σκληρότητα με κοπίδι (μύδι Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	223,9033	1	223,9033	342,0588	0,000000
μεμβράνη	1,0350	2	0,5175	0,7906	0,458251
αντιμικροβιακό	3,2556	4	0,8139	1,2434	0,302324
χρόνος (d)	6,6752	5	1,3350	2,0395	0,085832
Error	39,2745	60	0,6546		

Στατιστικά αποτελέσματα για την σκληρότητα με κύλινδρο

Univariate Tests of Significance for σκληρότητα με κύλινδρο (μύδι Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	374,3110	1	374,3110	430,2274	0,000000
μεμβράνη	13,7500	2	6,8750	7,9020	0,000899
αντιμικροβιακό	1,5329	4	0,3832	0,4405	0,778844
χρόνος (d)	4,0030	5	0,8006	0,9202	0,474262
Error	52,2018	60	0,8700		

Duncan test; variable σκληρότητα με κύλινδρο (μύδι Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,87003, df = 60,000				
Cell No.	μεμβράνη	σκληρότητα με κύλινδρο Mean	1	2
3	τυφλό	2,670073	****	
2	πηκτίνη	2,692300	****	
1	χιτοζάνη	3,607578		****

Στατιστικά αποτελέσματα για την ελαστικότητα

Univariate Tests of Significance for ελαστικότητα (μύδια Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	888,4665	1	888,4665	5195,092	0,000000
μεμβράνη	1,2487	2	0,6243	3,651	0,031901
αντιμικροβιακό	0,9337	4	0,2334	1,365	0,256824
χρόνος (d)	3,2528	5	0,6506	3,804	0,004652
Error	10,2612	60	0,1710		

Duncan test; variable ελαστικότητα (μύδια Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,17102, df = 60,000			
Cell No.	μεμβράνη	ελαστικότητα Mean	1
1	χιτοζάνη	4,417511	****
3	τυφλό	4,575578	****
2	πηκτίνη	4,644800	****

Duncan test; variable ελαστικότητα (μύδια Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,17102, df = 60,000				
Cell No.	χρόνος (d)	ελαστικότητα Mean	1	2
1	0	4,128500		****
2	2	4,481333	****	
4	7	4,551333	****	
3	5	4,559500	****	
5	10	4,705083	****	
6	12	4,805607	****	

Στατιστικά αποτελέσματα για την συνεκτικότητα

Univariate Tests of Significance for συνεκτικότητα (μύδια Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	83,38363	1	83,38363	2413,613	0,000000
μεμβράνη	0,04652	2	0,02326	0,673	0,513860
αντιμικροβιακό	0,04670	4	0,01167	0,338	0,851329
χρόνος (d)	0,40011	5	0,08002	2,316	0,054482
Error	2,07283	60	0,03455		

Στατιστικά αποτελέσματα για το κομμώδες

Effect	Univariate Tests of Significance for κομμώδες (μύδια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	816,3055	1	816,3055	251,0420	0,000000
μεμβράνη	23,8752	2	11,9376	3,6712	0,031324
αντιμικροβιακό	14,1185	4	3,5296	1,0855	0,371845
χρόνος (d)	24,0229	5	4,8046	1,4776	0,210574
Error	195,1002	60	3,2517		

Duncan test; variable κομμώδες (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 3,2517, df = 60,000				
Cell No.	μεμβράνη	κομμώδες Mean	1	2
3	τυφλό	3,665571	****	
2	πηκτίνη	3,777333	****	
1	χιτοζάνη	5,038032		****

Στατιστικά αποτελέσματα για τη μασητικότητα

Effect	Univariate Tests of Significance for μασητικότητα (μύδια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	85642,63	1	85642,63	97,42669	0,000000
μεμβράνη	8442,12	2	4221,06	4,80186	0,011630
αντιμικροβιακό	35876,62	4	8969,16	10,20327	0,000002
χρόνος (d)	5671,86	5	1134,37	1,29046	0,280025
Error	52742,81	60	879,05		

Duncan test; variable μασητικότητα (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 879,05, df = 60,000				
Cell No.	μεμβράνη	μασητικότητα Mean	1	2
3	τυφλό	16,74333	****	
2	πηκτίνη	32,89859	****	
1	χιτοζάνη	56,58879		****

Duncan test; variable μασητικότητα (μύδια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 879,05, df = 60,000					
Cell No.	αντιμικροβιακό	μασητικότητα Mean	1	2	3
1	σκέτο	15,74883	****		
2	έλαιο ρίγανης	19,63484	****		
3	έλαιο λεμονιού	48,90536		****	
4	έλαιο μάραθου	61,68791		****	****
5	έλαιο κοριανδρου	78,73600			****

2^η σειρά: Δείγματα χτενιών

Στατιστικά αποτελέσματα για το PCA

Univariate Tests of Significance for PCA (χτένια μικροβιολογικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1297,717	1	1297,717	20877,11	0,000000
μεμβράνη	0,602	2	0,301	4,85	0,013352
αντιμικροβιακό	1,174	4	0,293	4,72	0,003429
χρόνος	10,190	3	3,397	54,65	0,000000
Error	2,362	38	0,062		

Duncan test; variable PCA (χτένια μικροβιολογικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06216, df = 38,000				
Cell No.	μεμβράνη	PCA Mean	1	2
1	χιτοζάνη	6,698500	****	
3	τυφλό	6,846250	****	****
2	πηκτίνη	6,938500		****

Duncan test; variable PCA (χτένια μικροβιολογικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06216, df = 38,000					
Cell No.	αντιμικροβιακό	PCA Mean	1	2	3
2	έλαιο ρίγανης	6,605000	****		
4	έλαιο μάραθου	6,731250	****	****	
1	σκέτο	6,805625	****	****	
5	έλαιο κορίανδρου	6,877500		****	****
3	έλαιο λεμονιού	7,113750			****

Duncan test; variable PCA (χτένια μικροβιολογικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06216, df = 38,000						
Cell No.	χρόνος	PCA Mean	1	2	3	4
1	0	6,153333	****			
2	5	6,665833		****		
3	8	7,106667			****	
4	12	7,366667				****

Στατιστικά αποτελέσματα για την % Απώλεια βάρους

Univariate Tests of Significance for απώλεια βάρους (%) (χτένια απώλεια βάρους) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	11389,36	1	11389,36	248,9636	0,000000
μεμβράνη	177,01	2	88,50	1,9346	0,158447
αντιμικροβιακό	747,05	4	186,76	4,0825	0,007532
χρόνος	6062,42	3	2020,81	44,1735	0,000000
Error	1738,39	38	45,75		

Duncan test; variable απώλεια βάρους (%) (χτένια απώλεια βάρους) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 45,747, df = 38,000				
Cell No.	αντιμικροβιακό	απώλεια βάρους (%) Mean	1	2
2	έλαιο ρίγανης	15,91506	****	
1	σκέτο	16,74209	****	
5	έλαιο κορίανδρου	18,67446	****	
3	έλαιο λεμονιού	20,64132	****	
4	έλαιο μάραθου	27,65837		****

Duncan test; variable απώλεια βάρους (%) (χτένια απώλεια βάρους) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 45,747, df = 38,000				
Cell No.	χρόνος	απώλεια βάρους (%) Mean	1	2
1	0	0,00000		****
2	2	24,30770	****	
3	6	26,63603	****	
4	12	26,63852	****	

Στατιστικά αποτελέσματα για το pH

Univariate Tests of Significance for pH (χτένια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	848,2320	1	848,2320	15375,83	0,000000
μεμβράνη	0,4855	2	0,2427	4,40	0,017480
αντιμικροβιακό	0,3108	4	0,0777	1,41	0,245109
χρόνος	2,2417	4	0,5604	10,16	0,000005
Error	2,7032	49	0,0552		

Duncan test; variable pH (χτένια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05517, df = 49,000				
Cell No.	μεμβράνη	pH Mean	1	2
1	χιτοζάνη	4,829600	****	
2	πηκτίνη	4,866800	****	
3	τυφλό	5,080000		****

Duncan test; variable pH (χτένια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05517, df = 49,000					
Cell No.	χρόνος	pH Mean	1	2	3
5	12	4,545833			****
4	7	4,833333		****	
3	5	4,915833	****	****	
2	2	5,065833	****		
1	0	5,073333	****		

Στατιστικά αποτελέσματα για το TMA

Univariate Tests of Significance for TMA (χτένια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	101364,8	1	101364,8	141,1228	0,000000
μεμβράνη	15201,1	2	7600,5	10,5817	0,000151
αντιμικροβιακό	15655,3	4	3913,8	5,4489	0,001038
χρόνος	2316,5	4	579,1	0,8063	0,527163
Error	35195,4	49	718,3		

Duncan test; variable TMA (χτένια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 718,27, df = 49,000				
Cell No.	μεμβράνη	TMA Mean	1	2
2	πηκτίνη	39,26123	****	
3	τυφλό	49,53200	****	
1	χιτοζάνη	73,82741		****

Duncan test; variable TMA (χτένια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 718,27, df = 49,000					
Cell No.	αντιμικροβιακό	TMA Mean	1	2	3
4	έλαιο μάραθου	33,40213	****		
5	έλαιο κορίανδρου	40,34613	****		
1	σκέτο	53,17760	****	****	
3	έλαιο λεμονιού	74,55653		****	****
2	έλαιο ρίγανης	77,59360			****

Στατιστικά αποτελέσματα για το TVBN

Univariate Tests of Significance for TVBN (χτένια) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	806907,7	1	806907,7	203,9164	0,000000
μεμβράνη	3612,8	2	1806,4	0,4565	0,636166
αντιμικροβιακό	67189,5	4	16797,4	4,2449	0,004987
χρόνος	6954,3	4	1738,6	0,4394	0,779526
Error	193895,5	49	3957,1		

Duncan test; variable TVBN (χτένια) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 3957,1, df = 49,00				
Cell No.	αντιμικροβιακό	TVBN Mean	1	2
4	έλαιο μάραθου	107,4255	****	
1	σκέτο	114,8617	****	
2	έλαιο ρίγανης	144,0286	****	****
5	έλαιο κορίανδρου	180,0170		****
3	έλαιο λεμονιού	195,3510		****

Στατιστικά αποτελέσματα για τη φωτεινότητα

Univariate Tests of Significance for φωτεινότητα (χτέν) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	197399,3	1	197399,3	6026,134	0,000000
μεμβράνη	89,4	2	44,7	1,365	0,264987
αντιμικροβιακό	58,3	4	14,6	0,445	0,775723
χρόνος	65,8	4	16,5	0,502	0,734127
Error	1605,1	49	32,8		

Στατιστικά αποτελέσματα για το ολικό χρώμα

Univariate Tests of Significance for ολικό χρώμα (χτέν) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7815,415	1	7815,415	65,26744	0,000000
μεμβράνη	17,270	2	8,635	0,07211	0,930524
αντιμικροβιακό	813,996	4	203,499	1,69944	0,165233
χρόνος	846,995	4	211,749	1,76834	0,150332
Error	5867,479	49	119,744		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη σκληρότητα με κοπίδι

Univariate Tests of Significance for σκληρότητα με κοπίδι (χτένι Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	85,16412	1	85,16412	49,84254	0,000000
μεμβράνη	6,32413	2	3,16207	1,85061	0,167957
αντιμικροβιακό	7,91318	4	1,97830	1,15780	0,340895
χρόνος	7,61013	4	1,90253	1,11346	0,360901
Error	83,72451	49	1,70866		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη σκληρότητα με κύλινδρο

Univariate Tests of Significance for σκληρότητα με κύλινδρο (χτένι Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	68,69656	1	68,69656	89,88986	0,000000
μεμβράνη	2,36746	2	1,18373	1,54892	0,222701
αντιμικροβιακό	6,20922	4	1,55231	2,03120	0,104550
χρόνος	6,25288	4	1,56322	2,04548	0,102498
Error	37,44728	49	0,76423		

Στατιστικά αποτελέσματα για την ελαστικότητα

Univariate Tests of Significance for ελαστικότητα (χτένι Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	500,9991	1	500,9991	1880,474	0,000000
μεμβράνη	0,5897	2	0,2949	1,107	0,338753
αντιμικροβιακό	2,1537	4	0,5384	2,021	0,106054
χρόνος	0,4649	4	0,1162	0,436	0,781777
Error	13,0547	49	0,2664		

Στατιστικά αποτελέσματα για τη συνεκτικότητα

Univariate Tests of Significance for συνεκτικότητα (χτένι) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	173,8068	1	173,8068	256,6646	0,000000
μεμβράνη	0,1231	2	0,0615	0,0909	0,913281
αντιμικροβιακό	0,7240	4	0,1810	0,2673	0,897598
χρόνος	1,5727	4	0,3932	0,5806	0,678090
Error	33,1816	49	0,6772		

Στατιστικά αποτελέσματα για το κομμώδες

Univariate Tests of Significance for κομμώδες (χτένι) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	393,7113	1	393,7113	67,91293	0,000000
μεμβράνη	18,6524	2	9,3262	1,60872	0,210535
αντιμικροβιακό	39,1787	4	9,7947	1,68952	0,167492
χρόνος	45,3629	4	11,3407	1,95621	0,116002
Error	284,0674	49	5,7973		

Στατιστικά για τη μασητικότητα

Univariate Tests of Significance for μασητικότητα (χτένι) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6313,904	1	6313,904	55,44476	0,000000
μεμβράνη	365,163	2	182,582	1,60332	0,211604
αντιμικροβιακό	929,813	4	232,453	2,04126	0,103101
χρόνος	877,894	4	219,473	1,92728	0,120741
Error	5579,991	49	113,877		

