



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΖΩΙΚΗΣ
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ανάπτυξη νέων αλιευτικών προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας
αποθηκευμένα σε εδώδιμες συσκευασίες»**

ΝΑΤΑΛΙΑ ΧΑΤΖΗΜΠΥΡΟΥ

ΒΟΛΟΣ, 2024



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES

**DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT**

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND NUTRITION

INTERDEPARTMENTAL POSTGRADUATE PROGRAMME

“TECHNOLOGY, QUALITY AND SAFETY OF ANIMAL ORIGIN FOODS”

POSTGRADUATE MASTER’S THESIS

**“Development of new added value seafood products in edible
packaging”**

NATALIA CHATZIMPYROU

VOLOS, 2024

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Φωτεινή Φ. Παρλαπάνη**, Επίκουρος Καθηγήτρια, Μοριακή Μικροβιολογία και Ποιότητα Αλιευτικών Προϊόντων – Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα.***
- 2) **Ιωάννης Σ. Μποζιάρης**, Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***
- 3) **Μυρσίνη Κακαγιάννη**, Επίκουρος Καθηγήτρια, Τεχνολογίας, Ποιότητας και Ασφάλειας. Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ να εκδηλώσω την βαθιά ευγνωμοσύνη μου σε όσους βοήθησαν στην περάτωση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, η οποία συντελέστηκε στη Σχολή Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ειδικότερα, θέλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας μου, Επίκουρη Καθηγήτρια κα Φωτεινή Παρλαπάνη, για την ανεκτίμητη καθοδήγησή της και την αδιάλειπτη βοήθειά της τόσο στη διάρκεια του πειράματος όσο και στη συγγραφή αυτής της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Ιωάννη Μποζιάρη και την Επίκουρη Καθηγήτρια κα Μυρσίνη Κακαγιάννη, για τις χρήσιμες συμβουλές και την καθοδήγησή τους κατά την εκπόνηση της μελέτης.

Επιπλέον, θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους υποψήφιους διδάκτορες κα Ευαγγελία Καραμάνη, κα Σταυρούλα Λέτσιου και κ. Αθανάσιο Τσιαρτσάφη, καθώς και τον μεταδιδακτορικό ερευνητή Δρ. Δημήτρη Αναγνωστόπουλο, για την άμεση βοήθειά τους στην προμήθεια εργαστηριακού εξοπλισμού από το Εργαστήριο Εμπορίας & Τεχνολογίας Αλιευτικών Προϊόντων & Τροφίμων, καθώς και για την απεριόριστη υποστήριξή τους κατά την εκπόνηση του πειράματος.

Κλείνοντας, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη υποστήριξη, κατανόηση αλλά και ανοχή κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας ήταν η ανάπτυξη νέων αλιευτικών προϊόντων αποθηκευμένων σε εδώδιμες συσκευασίες, στοχεύοντας στην παρεμπόδιση της μικροβιακής αύξησης και στην επιμήκυνση του εμπορικού χρόνου ζωής φιλέτων κέφαλου υπό ψύξη στους 2°C και στους 8°C. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, παρασκευάστηκαν διαλύματα εδώδιμων επικαλύψεων τα οποία περιείχαν αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v), καθώς και δύο συνταγές οι οποίες περιείχαν τα εξής: αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο σε σκόνη (Συνταγή Α) και αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι και λεμόνι (Συνταγή Β). Σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση, τα φιλέτα της 4^{ης} και 6^{ης} Μεταχείρισης (Συνταγή Α και Συνταγή Β με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, αντίστοιχα) βρέθηκε να παρουσιάζουν μεγαλύτερο εμπορικό χρόνο ζωής (16 ημέρες) σε σχέση με αυτά των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, κατά την αποθήκευσή τους στους 2°C. Επιπλέον στα φιλέτα που αποθηκεύτηκαν στους 2°C, σε σχέση με τον μάρτυρα (1^η Μεταχείριση), σε αυτά της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), ο χρόνος ζωής επιμηκύνθηκε κατά 4 ημέρες, ενώ σε αυτά της 3^{ης} και 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και Β αντίστοιχα) κατά 8 ημέρες. Όσον αφορά τα φιλέτα που αποθηκεύτηκαν στους 8°C, σε σχέση με τον μάρτυρα (1^η Μεταχείριση), στα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), ο χρόνος ζωής επιμηκύνθηκε κατά 2 ημέρες, ενώ σε αυτά της 3^{ης} και 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και Β αντίστοιχα) καθώς και της 4^{ης} και 6^{ης} Μεταχείρισης (Συνταγή Α και Β με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) κατά 4 ημέρες.

Όσον αφορά τους μικροβιακούς πληθυσμούς, η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) ήταν στα επίπεδα των 4,07 log cfu/g ενώ σχετικά με τα φιλέτα της 4^{ης} και 6^{ης} Μεταχείρισης, αντίστοιχα, που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία ίση με 2°C την ημέρα

16 έφτασε τους 8,33 και 8,96 log cfu/g. Για τα φιλέτα που αποθηκεύτηκαν στους 8°C, η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) ήταν στα επίπεδα των 7,90 και 8,59 log cfu/g για τα φιλέτα της 4^{ης} και 6^{ης} Μεταχείρισης, αντίστοιχα, κατά την ημέρα 8. Τα *Pseudomonas* spp. παρουσιάστηκαν ως οι κυρίαρχοι μικροοργανισμοί στην λήξη του εμπορικού χρόνου ζωής σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ τα *Enterobacteriaceae*, Οξυγαλακτικά, H₂S βακτήρια, οι Ζύμες και μύκητες βρέθηκαν σε πληθυσμούς πολύ χαμηλότερους. Όσον αφορά τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διατριβής, οι επικαλύψεις που περιέχουν αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v) αναβαθμίζουν περαιτέρω την ποιότητα των φιλέτων κέφαλου, ενώ επιμηκύνουν τον διάρκεια ζωής στο εμπόριο κατά 10 ημέρες στους 2°C.

Λέξεις-κλειδιά: Εδώδιμες επικαλύψεις (edible coatings), Αλγινικά άλατα, Εμπορικός χρόνος ζωής, Ειδικοί Αλλοιωγόνοι Μικροοργανισμοί (EAM), κέφαλος (*Mugil cephalus*)

Abstract

The aim of this Master's Thesis was to develop new fish products stored in edible packaging, aiming at preventing microbial growth and prolonging the commercial shelf life of *Mugil cephalus* fillets at 2°C and 8°C. To achieve the above objective, edible coating solutions containing 1.5% (w/v) sodium alginate, and 10% (v/v) glycerol were prepared, as well as two recipes containing the following: salt, pepper, oregano, garlic powder (Recipe A) and salt, cayenne pepper, chilli and lemon (Recipe B). According to the organoleptic examination, the fillets of the 4th and 6th treatments ("Recipe A" and "Recipe B" with edible film coating, respectively) were found to have a longer commercial shelf life (16 days) than those of the other treatments, when stored at 2°C. In addition, in the fillets stored at 2°C, compared to the control (Treatment 1), those of Treatment 2 (edible film coated fillets) had a shelf life extended by 4 days, while those of Treatments 3 and 5 (fillets with Recipe A and B respectively) had a shelf life extended by 8 days. In the case of fillets stored at 8°C, compared with the control (Treatment 1), the shelf life of fillets from Treatment 2 (edible film-coated fillets) was extended by 2 days, while that of those from Treatments 3 and 5 (fillets with Recipe A and B respectively) and Treatments 4 and 6 (Edible film-coated Recipe A and B) was extended by 4 days.

Regarding microbial populations, Total Mesophilic Flora (TMF) was at the level of 4.07 log cfu/g while for the fillets of the 4th and 6th treatment, respectively, stored at a temperature equal to 2°C on day 16, it reached 8.33 and 8.96 log cfu/g. For fillets stored at 8°C, Total Mesophilic Flora (TMF) was at the levels of 7.90 and 8.59 log cfu/g for fillets of Treatment 4 and 6, respectively, on day 8. *Pseudomonas* spp. were found to be the dominant microorganisms at the end of the commercial shelf life in all cases, while *Enterobacteriaceae* family bacteria, Oxygalactic, H₂S bacteria, Yeasts and Fungi were found in much lower populations. Regarding the results of the master thesis, coatings containing 1.5% (w/v) sodium alginate, and 10% (v/v) glycerol further upgraded the quality of cephalopod fillets and extended the shelf life in the market by 10 days at 2°C.

Keywords: Edible coatings, Alginates, Commercial shelf life, Specific Algal Microorganisms (SOM), Flathead grey mullet (*Mugil cephalus*)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	1
1.1 Αλλοίωση ιχθυερών	1
1.1.1 Παράγοντες αλλοίωσης	1
1.1.2 Ειδικοί Αλλοιωγόνι Μικροοργανισμοί στους ιχθύες	8
1.2 Μέθοδοι συντήρησης ιχθύων	11
1) Ψύξη	12
2) Κατάψυξη	12
3) Αφυδάτωση	12
4) Συσκευασία σε κενό αέρος ή σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα απουσία οξυγόνου (Vacuum Packaging-VP)	12
5) Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα πλούσια σε CO ₂ (Modified Atmosphere Packaging-MAP)	13
6) Συμπύκνωση	13
7) Ακτινοβολίες ιονισμού	13
8) Υψηλές υδροστατικές πιέσεις	14
9) Ζύμωση	14
10) Νεότερες μη θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας	14
1.3 Συσκευασία Τροφίμων	14
1.3.1 Υλικά Συσκευασίας τροφίμων	15
1.3.2 Καινοτόμες Συσκευασίες Τροφίμων	19
1.3.3 Νομοθεσία σχετικά με τα υλικά συσκευασίας τροφίμων	20
1.4 Εδώδιμες μεμβράνες	21
1.4.1 Παρασκευή Εδώδιμων Μεμβρανών	23
1.5 Αλγινικά Άλατα	24
1.6 Ασφαλής κατανάλωση εδώδιμων μεμβρανών	25
1.7 Πρόσθετα συστατικά στα Τρόφιμα	26
1.8 Αντιμικροβιακοί Παράγοντες	27
1.9 Κέφαλος (<i>Mugil cephalus</i>)- Γενικά Χαρακτηριστικά	31
1.10 Σκοπός Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας	33
2. Υλικά και μέθοδοι	34
2.1 Προέλευση ιχθύων	34
2.2 Πειραματικός Σχεδιασμός	35
2.3 Εκτίμηση Εμπορικού Χρόνου Ζωής	39
2.4 Μικροβιολογική Ανάλυση	40
3. Αποτελέσματα	43

3.1 Εμπορικός Χρόνος Ζωής	43
3.2 Μικροβιακές Μεταβολές	51
3.2.1 Μικροβιακές Μεταβολές στους 2°C	51
3.2.2 Μικροβιακές Μεταβολές στους 8°C	63
3.3 Μεταβολές ενεργούς οξύτητας (pH).....	73
3.4 Μεταβολές ενεργότητας νερού (aw)	76
4. Συζήτηση	80
5. Συμπεράσματα.....	90
6. Βιβλιογραφία.....	93
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	93
Ελληνική Βιβλιογραφία	107

1. Εισαγωγή

1.1 Αλλοίωση ιχθυερών

Οι μεταβολές που μπορεί να μετατρέψουν ένα προϊόν σε οργανοληπτικά μη αποδεκτό προς κατανάλωση από τον άνθρωπο χαρακτηρίζονται ως αλλοίωση τροφίμου (Huis in't Veld, 1996). Γενικότερα, ως τρόφιμα θεωρούνται τα προϊόντα που όταν διατηρούνται σε καθορισμένες συνθήκες υφίστανται υποβάθμιση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών και αλλοίωση, ενώ η έκτασή τους μπορεί να εξαρτηθεί τόσο από τη φύση των προϊόντων όσο κι από τις συνθήκες διατήρησής του.

Η αλλοίωση των ιχθυερών αποτελεί μία πολύπλευρη διαδικασία και είναι απόρροια ορισμένων μηχανισμών: μικροβιακής δραστηριότητας, αυτόλυσης και χημικής οξείδωσης των λιπιδίων τους (Gram & Huss, 1996). Ορίζεται ως η υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (πχ. γεύση, οσμή) τους, καθιστώντας τα μη αποδεκτά για ανθρώπινη κατανάλωση (Gram, 1993). Περίπου το 25% της παραγωγής αλιευμάτων παγκοσμίως, απορρίπτεται λόγω της αλλοίωσης που πραγματοποιείται στο μικροβιακό τους φορτίο. Στις ανεπτυγμένες χώρες προκαλείται κυρίως λόγω ψυχρότροφων βακτηρίων (Huis in't Veld, 1996). Αμέσως μετά την αλίευση των ιχθύων, οι μικροοργανισμοί εισχωρούν στη σάρκα, και κατά συνέπεια πραγματοποιείται μεταβολισμός μεγάλων μορίων (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λίπη) που συναντώνται στη σάρκα τους (Liston, 1980).

1.1.1 Παράγοντες αλλοίωσης

Η αλλοίωση και η υποβάθμιση της ποιότητας των τροφίμων είναι δυνατό να προκληθεί από διάφορους παράγοντες, όπως:

- Μηχανικά αίτια (κρούση, τράβηγμα)
- Μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες, ζύμες)
- Φυσικά αίτια (υγρασία, οξυγόνο, φως, θερμοκρασία)
- Χημικές αντιδράσεις (μη ενζυματική εμβολιασμός, οξείδωση)
- Παράσιτα (νηματώδεις της τριχινίασης, εχινόκοκκος)
- Έντομα, τρωκτικά ([Μπλούκας, 2004](#))

Αμέσως μόλις αλιευθούν οι ιχθύες ξεκινάνε οι διαδικασίες της αλλοίωσής τους. Η αλλοίωσή τους προκαλείται εξαιτίας της μικροβιακής ανάπτυξης, κατά κύριο λόγο. Τα νωπά αλιεύματα μπορούν να αλλοιωθούν πιο εύκολα σε σχέση με άλλα τρόφιμα. Αυτό οφείλεται στο είδος του ιχθύος, το χρόνο και κατά συνέπεια στον τρόπο που θα συντηρηθεί, άρα μπορεί να παρατηρηθεί και χημική αλλοίωση η οποία θα επηρεάσει σε οργανοληπτικά επίπεδα τα χαρακτηριστικά των ιχθύων ([Μπρατσιάκος, 2016](#)). Η αλλοίωση σχετίζεται με τη δράση βακτηρίων και ενζύμων ή για παρατεταμένο χρονικό διάστημα σε οξειδώσεις.

Ο βαθμός επίδρασης κάθε μηχανισμού στη συνολική αλλοίωση οφείλεται στο είδος των ιχθύων, τις πρακτικές χειρισμού που θα εφαρμοστούν αρχικά σε αυτά, και την θερμοκρασία που θα επικρατήσει στη συντήρησή τους. Με τον τρόπο αυτό τα αλιευτικά προϊόντα σε νωπή ή ελαφρώς επεξεργασμένη μορφή, όπου ο εμπορικός χρόνος ζωής τους είναι σχετικά σύντομος, η υποβάθμισή τους είναι αποτέλεσμα βακτηριακής δραστηριότητας. Αντιθέτως, στους ιχθύες που καταψύχονται, η αλλοίωση τους είναι απόρροια χημικής και ενζυμικής δραστηριότητας.

Σχετικά με τους νωπούς ιχθύες, τον σημαντικότερο παράγοντα που μπορεί να προκαλέσει υποβάθμιση της ποιότητάς του, καθώς και να αποτελέσει περιοριστικό

παράγοντα για τον εμπορικό χρόνο ζωής τους αποτελεί η μικροβιακή δράση (Gram and Huss, 1996). Όταν έχει αλλοιωθεί ένα τρόφιμο μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Ανεπιθύμητες οσμές
- Παραγωγή αερίων
- Σχηματισμός της λεγόμενης γλίτσας
- Αλλαγές στο χρώμα, την εμφάνιση αλλά και την υφή

Η σάρκα των αλιευμάτων είναι περισσότερο ευαλλοιώτη σε σχέση με τα ζωοειδή της στεριάς. Το γεγονός αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω της ποικιλόθερμης φύσης που χαρακτηρίζει τους ιχθύες, το υψηλό pH που συναντάται στη σάρκα τους, καθώς και την ποσότητα στο μη πρωτεϊνικό άζωτο (TMAO)

Η ιδιότητα των ψαριών να προσαρμόζονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες επιτρέπει την ανάπτυξη βακτηρίων που ευδοκιμούν σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, όπως τα *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens*, *Vibrio* spp., *Lactobacillus* spp., κ.α. Στο *Shewanella putrefaciens*, η υψηλή τιμή pH στη σάρκα των ψαριών, σε τιμές μεγαλύτερες από 6, σε συνδυασμό με την πολύ χαμηλή περιεκτικότητα υδατανθράκων (<0.5 %) στον μυϊκό ιστό των ψαριών και τη χαμηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, ευνοούν την ανάπτυξη των βακτηρίων.

Το μη πρωτεϊνικό άζωτο στους μύες των ψαριών αποτελείται από υδατοδιαλυτές ουσίες (ελεύθερα αμινοξέα, νουκλεοτίδια), που εμφανίζουν χαμηλό μοριακό βάρος και χρησιμεύουν ως υπόστρωμα για να αναπτυχθούν τα βακτήρια. Η αποσύνθεση του θείου στα αμινοξέα κατέχει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αλλοίωσης, καθώς προκαλεί δυσάρεστη οσμή και γεύση καθώς σχηματίζεται υδρόθειο (H₂S) και σουλφίδια (π.χ. CH₃SH, (CH₃)₂S).

Τμήμα από το μη πρωτεϊνικό άζωτο αποτελεί το οξείδιο της τριμεθυλαμίνης (ΤΜΑΟ), με αποτέλεσμα να προκαλεί υψηλό οξειδοαναγωγικό δυναμικό στην σάρκα των ιχθύων, ενώ η παρουσία του επιδρά σημαντικά στην αλλοίωσή τους, κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Χρησιμοποιείται από ορισμένα αλλοιωγόνα βακτήρια σαν αποδέκτης ηλεκτρονίων κατά την αναερόβια αναπνοή, με αποτέλεσμα να προκαλεί δυσάρεστες οσμές και γεύση λόγω της ικανότητάς του να σχηματίζει τριμεθυλαμίνη (Dalgaard et al., 1995).

Μικροβιακή ανάπτυξη

Μετά την αλίευση των ψαριών, παρατηρούνται αλλαγές στην εμφάνισή τους, οι οποίες δεν μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα. Οι μικροοργανισμοί εισχωρούν στη σάρκα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται μεταβολισμός μεγάλων μορίων (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λίπη) τα οποία συναντώνται σε αυτή. Οι ιστοί των ιχθύων αποτελούν μέσο ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Τα ζωντανά αλιεύματα μπορούν να επιμολυνθούν από πληθώρα παθογόνων βακτηρίων τα οποία συναντώνται στο περιβάλλον που διαβιούν (π.χ. διάφορα είδη των γενών *Clostridium*, *Vibrio*, *Listeria* και *Aeromonas*). Κάποια είδη βακτηρίων, όπως *Salmonella* spp, *Escherichia coli* και *Staphylococcus aureus* επιμολύνουν τους ιχθύες που προέρχονται από μολυσμένα ύδατα και από χώρους παραλαβής και επεξεργασίας τους. Επιπρόσθετα, είναι δυνατό να επιμολυνθούν με παράσιτα και με ιούς τα οποία προσβάλλουν και τον άνθρωπο. Ο ρυθμός μικροβιακής αλλοίωσης και autólυσης φαίνεται να εξαρτάται από το είδος του βακτηρίου, τη μέθοδο σύλληψης και, κυρίως, τη θερμοκρασία επεξεργασίας και αποθήκευσης του προϊόντος (Gram and Huss, 1996). Διάφοροι παράγοντες οι συμβάλλουν στη μικροβιολογική πολυπλοκότητα των αλιευμάτων αναφέρονται παρακάτω:

- Θερμοκρασία, aw, Eh, μικροβιακές αλληλεπιδράσεις
- Η ποικιλόθερμη φύση των ψαριών και του υδρόβιου περιβάλλοντός τους
- Υψηλό μεταθανάτιο pH στη σάρκα τους (συνήθως > 6.0)
- Παρουσία μεγάλων ποσών μη πρωτεϊνικού αζώτου (NPN) (Gram and Huss, 1996).

Ενζυμική δράση

Συναντώνται αρκετά ένζυμα στη σάρκα των αλιευμάτων, τα οποία παραμένουν ενεργά, ακόμα και μετά τον θάνατο των ψαριών. Λόγω αυτού, παρατηρείται και η μείωση του pH της σάρκας τους από 7,0 σε τιμές 6,0-6,5. Αυτό οφείλεται και στο είδος των ιχθύων καθώς και στην κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Η ενζυμική δράση μπορεί να επηρεάσει τόσο το άρωμα όσο και τη γεύση των ψαριών. Το ευχάριστο άρωμα οφείλεται κυρίως στην επίδραση πρωτεολυτικών ενζύμων που βρίσκονται στη σάρκα των ψαριών. Ωστόσο, η συνεχής δράση αυτών των ενζύμων, σε συνδυασμό με την παρατεταμένη διάρκεια συντήρησης, οδηγεί στην ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών με επακόλουθο να καθίσταται ως ακατάλληλο προϊόν για ανθρώπινη κατανάλωση.

Οξειδωση των λιπών

Η σάρκα των ψαριών είναι πλούσια σε ακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, υψίστης σημασίας στην ανθρώπινη διατροφή. Τα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, που συναντώνται σε μεγάλο βαθμό στη φρέσκια σάρκα, έχουν ευεργετική επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα, μειώνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων. Ωστόσο, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι ευαίσθητα στο οξυγόνο, με επακόλουθο να οξειδώνονται (μετατρέπονται σε κορεσμένα και προκαλούν τάγγισμα του λίπους). Η οξειδωση των λιπαρών οξέων όχι μόνο μειώνει τη

θρεπτική αξία των ψαριών, αλλά συμβάλλει επίσης στην ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, κάνοντάς τα μη αποδεκτά από τους καταναλωτές. (Μπρατσιάκος, 2016).

Ενδείξεις αλλοίωσης

Μεταβολές στη γεύση

Η γεύση αποτελεί τον κύριο παράγοντα που επηρεάζει τους καταναλωτές στην αποδοχή ενός προϊόντος. Τα φρέσκα θαλασσινά και ψάρια χαρακτηρίζονται σχεδόν άοσμα, καθώς σε αυτά συναντώνται μόνο μικρές ποσότητες πτητικών ουσιών. Αμέσως μετά την αλίευση, το ψάρι διαθέτει τα αρχικά του χαρακτηριστικά. Ωστόσο, η μειωμένη παρουσία πτητικών ουσιών δεν πρέπει να θεωρείται πάντα ένδειξη φρεσκάδας από την πλευρά των καταναλωτών, καθώς η αντίληψη της ποιότητας είναι υποκειμενική.

Στην αποθήκευση, η δράση των ενζύμων μετά τον θάνατο του ψαριού μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη γεύση. Η ταχεία οξείδωση των ακόρεστων λιπών στα ψάρια είναι ο κύριος παράγοντας αλλαγής στη μυρωδιά, γεύση, χρώμα, υφή και θρεπτική αξία. Η ενζυμική και μη ενζυμική οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στους μυς των ψαριών δημιουργεί διάφορα καρβονύλια και αλκοόλες, που ευθύνονται για τις γευστικές αλλαγές. Επιπλέον, οι πτητικές ενώσεις που παράγονται από τη μικροβιακή δράση οδηγούν σε σημαντική απώλεια της φρέσκιας γεύσης. (Venugopal, 2006).

Αλλαγές στην υφή

Η υφή αποτελεί καθοριστική παράμετρο για την ποιότητα όλων των μυϊκών τροφών, κατά συνέπεια και των ψαριών. Αυτά, είναι μαλακότερα από ότι το κόκκινο κρέας, καθώς εμφανίζουν χαμηλή περιεκτικότητα συνδετικού ιστού. Η μαλάκυνση της

σάρκας των ιχθύων σχετίζεται με την απελευθέρωση της ακτινίνης, την καταστροφή και τη γενική μετουσίωση του συνδετικού ιστού. Μυϊκές πρωτεάσες συμπεριλαμβανομένων της D καθεψίνης και της L καθεψίνης, πρωτεασών ενεργοποιημένων με ασβέστιο (καλπαΐνες), της τρυψίνης, της χυμοτρυψίνης, των αλκαλικών πρωτεασών και των κολλαγενασών συμμετέχουν όλες στην αποσκήρυνση του ιστού των ψαριών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Αποχρωματισμός

Ένα σοβαρό πρόβλημα ποιότητας της βιομηχανίας θαλασσινών είναι η απώλεια χρώματος στα προϊόντα. Το ροζ-κόκκινο χρώμα στο δέρμα πολλών ψαριών ξεθωριάζει κατά την αποθήκευση σε συνθήκες ψύξης ή κατάψυξης, διότι πραγματοποιείται οξείδωση των καροτενοειδών χρωστικών ουσιών. Η έκταση της απώλειας χρώματος εξαρτάται από το είδος του ψαριού, την ποσότητα του διαθέσιμου οξυγόνου και τη θερμοκρασία στην οποία αποθηκεύεται.

Ένας άλλος λόγος της αλλαγής χρώματος των ψαριών είναι η οξείδωση των μυοσφαιρινών στο μυ. Η οξείδωση της ερυθράς μυοσφαιρίνης σε καστανή μεμβρυοσφαιρίνη μπορεί να συμβεί και τόσο με μη ενζυμικές όσο και με ενζυμικές οδούς (Venugopal, 2006).

Μελάνωση

Η μελάνωση, δηλαδή η εμφάνιση μαύρων κηλίδων, αποτελεί πρόβλημα που παρατηρείται στα ψάρια, ιδιαίτερα στα καρκινοειδή (όπως γαρίδες και αστακοί), επηρεάζοντας αρνητικά την εμπορική τους αξία και την αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Η μελάνωση προκαλείται από έναν βιοχημικό μηχανισμό, όπου οι φαινόλες οξειδώνονται σε κινόνες μέσω της δράσης του ενζύμου πολυφαινολοξειδάση

(PPO). Οι κινόνες είναι εξαιρετικά αντιδραστικές και, μέσω μη ενζυμικής οξείδωσης και πολυμερισμού, δημιουργούν σκούρες χρωστικές υψηλού μοριακού βάρους. Επιπλέον, η διαδικασία αυτή μπορεί να ενεργοποιηθεί από μη φυσιολογικούς παράγοντες, όπως απορρυπαντικά, οργανικούς διαλύτες, ακτινοβολία γ και θερμότητα, ή από ανοσολογική αντίδραση σε μικροβιακή μόλυνση.

Ο Ομοσπονδιακός Κανονισμός των Ηνωμένων Πολιτειών απαιτεί την επισήμανση των υπολειμμάτων θειώδους όταν ξεπερνούν τα 10 ppm, προκειμένου να ενημερώνονται οι καταναλωτές για την παρουσία της ουσίας, διότι η υπερβολική ποσότητα θειώδους μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα στους καταναλωτές.

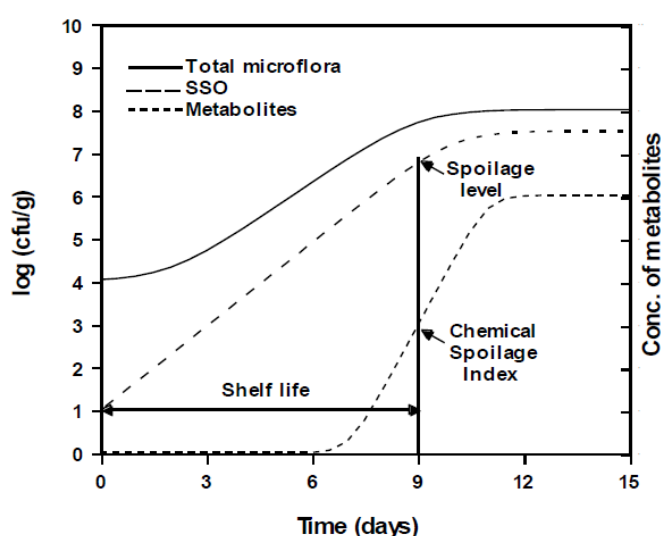
Εργαστηριακές δοκιμές και δοκιμές πεδίου έδειξαν ότι, αντί για θειώδες, μία άλλη ένωση, η 4-εξυλο-ρεσορκινόλη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματικός αναστολέας σχηματισμού μαύρων κηλίδων σε γαρίδες (Venugopal, 2006).

1.1.2 Ειδικοί Αλλοιωγόνοι Μικροοργανισμοί στους ιχθύες

Η μικροβιολογική αλλοίωση των τροφίμων εκδηλώνεται με διάφορους τρόπους, αλλά σε κάθε περίπτωση προέρχεται από την ανάπτυξη και τη μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών, οι οποίοι τελικά προκαλούν αλλαγές στις αισθητηριακές ιδιότητες των προϊόντων. Οι Ειδικοί Αλλοιωγόνοι Μικροοργανισμοί (EAM - SSO, Specific Spoilage Organisms) αποτελούν την κύρια αιτία αλλοίωσης των φρέσκων θαλασσινών (Gram & Huss, 1996, Gram & Dalgaard, 2002).

Αυτοί οι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται σε υψηλότερους ρυθμούς κατά την αποθήκευση των νωπών ψαριών από ότι άλλοι μικροοργανισμοί της συνολικής μικροβιακής σύνθεσης (total microflora). Στη συντήρηση των ψαριών, οι EAM θα

αναπτυχθούν ταχύτερα σε σχέση με την υπόλοιπη μικροβιακή χλωρίδα και παράγουν μεταβολίτες που οδηγούν στην αισθητηριακή υποβάθμιση του τροφίμου (Gram & Huss, 1996, Gram & Dalgaard, 2002, Boziaris and Parlapani 2017). Όταν ο πληθυσμός τους φτάνει στα επίπεδα των 10^7 - 10^9 cfu/g (επίπεδο αλλοίωσης), θα παραχθούν μεταβολίτες (CSI - χημικοί δείκτες αλλοίωσης), που είναι υπεύθυνοι για την αισθητηριακή απόρριψη του προϊόντος, όπως απεικονίζεται και παρακάτω (Dalgaard et al., 1993) (Εικ. 1.1).



Εικόνα 1.1: Γενική περιγραφή της αλλοίωσης των ιχθυηρών (Dalgaard et al., 1993)

Διάφορες γεωγραφικές περιοχές, η θερμοκρασία της θάλασσας, οι εποχιακές αλλαγές και η επεξεργασία, όπως το φιλετάρισμα, επηρεάζουν την αρχική μικροχλωρίδα των ψαριών (Gram & Huss, 1996, Syropoulou et al., 2021), η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τους ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών που καταγράφονται με τη χρήση επιλεκτικών μέσων. Κατά την αποθήκευση, η σύνθεση της μικροβιακής χλωρίδας μεταβάλλεται. Στα ψάρια από εύκρατα και τροπικά νερά που συντηρούνται σε πάγο, η μικροχλωρίδα αλλοίωσης αποτελείται κυρίως από αρνητικούς κατά Gram μη ζυμωτικούς βάκιλλους, όπως τα *Pseudomonas* spp. και

Shewanella putrefaciens, που είναι οι κύριοι μικροοργανισμοί αλλοίωσης (Gram & Dalgaard, 2002, Koutsoumanis & Nychas, 2000).

Ψάρια αποθηκευμένα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος (20-25°C) εμφανίζουν μικροχλωρίδα αποτελούμενη από ζυμωτικούς βάκιλλους της οικογένειας *Vibrionaceae*, όπως *Vibrios* και *Aeromonas*, καθώς και από *Enterobacteriaceae*, ειδικά σε μολυσμένα νερά (Gram, 1992).

Εκτός από τη θερμοκρασία, η προέλευση των ψαριών και η ατμόσφαιρα αποθήκευσης επηρεάζουν την επικρατούσα μικροχλωρίδα στο τέλος της εμπορικής ζωής των ψαριών. Στα ψάρια από ψυχρές περιοχές της Βόρειας Ευρώπης που αποθηκεύονται στον πάγο, η συνολική μικροχλωρίδα ανέρχεται σε 10^8 - 10^9 cfu/gr, (Huss et al., 1995) με κυρίαρχους μικροοργανισμούς τους *Shewanella putrefaciens* και *Pseudomonas* spp. Η *Shewanella putrefaciens* θεωρείται σημαντικός αλλοιωγόνος μικροοργανισμός λόγω της ικανότητάς της να μετατρέπει το TMAO σε TMA, προκαλώντας ισχυρότερη αλλοίωση (Gram et al., 1987). Για τα ψάρια από τη Μεσόγειο έχει βρεθεί ότι ο τελικός πληθυσμός της συνολικής μικροβιακής αλλοιωγόνου χλωρίδας είναι παρόμοιος (Κουτσομανής, 2000), με τους μικροοργανισμούς *Pseudomonas* spp. να χαρακτηρίζονται ως κύριοι αλλοιωγόνοι λόγω της ταχύτερης ανάπτυξής τους και της χαμηλότερης περιεκτικότητας αυτών των ψαριών σε Τριμεθυλαμινικό Οξείδιο (TMAO) (Koutsoumanis and Nychas, 2000, Parlapani et al., 2013, Parlapani et al., 2015a, Parlapani and Boziaris, 2016). Ομοίως, για ψάρια από τροπικά κλίματα, ο τελικός πληθυσμός της μικροβιακής χλωρίδας είναι παρόμοιος (Gram et al., 1990), με τους μικροοργανισμούς *Pseudomonas* spp. και *Shewanella putrefaciens* να θεωρούνται οι κύριοι αλλοιωγόνοι (Gram, 1992).

1.2 Μέθοδοι συντήρησης ιχθύων

Η συντήρηση τροφίμου αποτελεί την λήψη μέτρων για την εξάλειψη αιτιών που προκαλούν αλλοίωση και υποβάθμιση των τροφίμων και τα καταστούν αποδεκτά από τους καταναλωτές και ασφαλή για την υγεία, όταν αποθηκεύονται σε ορισμένο χρόνο υπό ορισμένες συνθήκες. Η συντήρηση των τροφίμων έχει τις ακόλουθες συνέπειες

1. Αύξηση της διάρκειας ζωής των τροφίμων
2. Αύξηση του γεωργικού εισοδήματος
3. Προμήθεια τροφίμων σε αστικές και μητροπολιτικές περιοχές
4. Διαθεσιμότητα τροφίμων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρά την ύπαρξη κάποιας εποχιακής παραγωγής
5. Δυνατότητα αποθεμάτων τροφίμων για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών. (Rahman, 2020).

Η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας και συντήρησης ενός δεδομένου προϊόντος θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η φύση του προϊόντος, οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν, το χρονικό διάστημα που το προϊόν μπορεί να αποθηκευτεί με συγκεκριμένο τρόπο, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου όσον αφορά τη διασφάλιση της υγείας του καταναλωτή, τη διατήρηση των οργανικών ιδιοτήτων του προϊόντος και την ελαχιστοποίηση των απωλειών θρεπτικών συστατικών, οι απαιτήσεις της μεθόδου από πλευράς ενέργειας και φυσικών πόρων (νερό), ενώ αποτελεί βασικό όρο στην ορθή συντήρηση των τροφίμων η κατάλληλη συσκευασία. Στοχεύει στην προστασία του τροφίμου από φυσικούς παράγοντες, στη διευκόλυνση της μεταφοράς και της πώλησης με το μικρότερο δυνατό κόστος, αλλά και στην προσέλκυση των καταναλωτών για την τόνωση των πωλήσεων. (Μπλούκας, 2004).

Οι βασικότεροι μέθοδοι συντήρησης ιχθύων που χρησιμοποιούνται είναι:

1) Ψύξη

Η μέθοδος της ψύξης χαρακτηρίζεται από την διατήρηση ενός τροφίμου σε θερμοκρασίες $< 8^{\circ}\text{C}$ αλλά και μεγαλύτερες από το σημείο πήξης του. Στηρίζεται στην επιβράδυνση της δράσης όλων των παραγόντων, που προκαλούν αλλοίωση στα νωπά τρόφιμα, ενώ μπορεί να επιβραδύνει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (Μπλούκας, 2004).

2) Κατάψυξη

Η μέθοδος της κατάψυξης, ως τρόπος συντήρησης, λειτουργεί με την απομάκρυνση της θερμότητας από τα προϊόντα, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία τους. Αυτό οδηγεί στην πλήρη αναστολή της μικροβιακής δραστηριότητας και επιβραδύνει τη δράση των ενζύμων και τις χημικές αντιδράσεις (Shewfelt et al, 1997).

3) Αφυδάτωση

Η μέθοδος της αφυδάτωσης βασίζεται στην απομάκρυνση νερού από ένα τρόφιμο με πρωταρχικό στόχο την ελάττωση της υγρασίας σε αρκετά χαμηλά επίπεδα προκειμένου τα προϊόντα να αποκτήσουν στερεή μορφή (Μπλούκας, 2004).

4) Συσκευασία σε κενό αέρος ή σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα απουσία οξυγόνου (Vacuum Packaging-VP)

Στη συσκευασία σε κενό αέρος, αφαιρείται ο αέρας από τη συσκευασία και το προϊόν κλείνεται σε υλικό χαμηλής διαπερατότητας, με στόχο να εμποδιστεί η

ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων και να καθυστερήσει η ανάπτυξη δυνητικά αναερόβιων βακτηρίων.

5) Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα πλούσια σε CO₂ (Modified Atmosphere Packaging-MAP)

Τα κύρια αέρια που χρησιμοποιούνται εμπορικά είναι το οξυγόνο, το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται μεμβράνες για να διατηρηθεί η αναλογία των αερίων στο μείγμα, με τη χαμηλότερη διαπερατότητα να παρέχει μεγαλύτερη προστασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το μείγμα αερίων αποτελείται από 60% CO₂ και 40% N₂.

6) Συμπύκνωση

Η μέθοδος της συμπύκνωσης βασίζεται στην επεξεργασία με την οποία θα απομακρυνθεί ένα μέρος του νερού που περιέχει κάποιο τρόφιμο. Η περιεκτικότητα σε υγρασία στα συμπυκνωμένα τρόφιμα είναι στα επίπεδα >20-30% έτσι ώστε να παραμένουν ρευστά (Μπλούκας, 2004).

7) Ακτινοβολίες ιονισμού

Η συντήρηση τροφίμων με τη χρήση ακτινοβολιών ιονισμού αποτελεί μια μέθοδο συντήρησης η οποία επιδρά με την έκθεση των τροφίμων στις ακτίνες αυτές κάτω από δεδομένες συνθήκες. Η επίδρασή τους διακρίνεται σε άμεση (μεταβολές που προκαλεί η ακτινοβολία στα μόρια των τροφίμων) και σε έμμεση (απόρροια των μεταβολών που προκαλούνται από τον ιονισμό στα μόρια του νερού που περιέχει το τρόφιμο) (Tritsch, 2000).

8) Υψηλές υδροστατικές πιέσεις

Η χρήση των υψηλών υδροστατικών πιέσεων βασίζεται στην άσκηση υδροστατικών πιέσεων (100-600 MPa) σε προκαθορισμένο χρόνο, σε θερμοκρασίες δωματίου ή σε συνδυασμό με ίδια θέρμανση. Έτσι, καταστρέφονται οι μικροοργανισμοί και τα ένζυμα που προκαλούν αλλοίωση στο τρόφιμο, ενώ αυτό διατηρεί τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά (Earnshaw, 1996).

9) Ζύμωση

Η ζύμωση είναι η διαδικασία διάσπασης υδατανθράκων και άλλων ουσιών σε απλούστερες ενώσεις με τη βοήθεια μικροοργανισμών ή ενζύμων. Χρησιμοποιείται ως μέθοδος επεξεργασίας και παραγωγής νέων προϊόντων (Steinkraus, 1997).

10) Νεότερες μη θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας

Οι νέες μέθοδοι επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων περιλαμβάνουν τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης, το παλμικό φως υψηλής έντασης, τα παλμικά μαγνητικά πεδία, και τους υπέρηχους.

Αυτές οι μέθοδοι κατά την επεξεργασία του τροφίμου δεν απαιτούν θέρμανση και έχουν πολύ σύντομους χρόνους επεξεργασίας (Μπλούκας, 2004).

1.3 Συσκευασία Τροφίμων

Σημαντικό τμήμα της επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων αποτελεί το κομμάτι της συσκευασίας. Μέσω αυτής μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη διατήρηση του προϊόντος. Μπορεί να αποτρέψει την επιμόλυνση ή την απορρόφηση υγρασίας στα

αφυδατωμένα τρόφιμα, ενώ παράλληλα συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητάς τους και στην επέκταση της διάρκειας ζωής των νωπών προϊόντων.

Η συσκευασία προστατεύει τα προϊόντα από μια σειρά κινδύνων που επηρεάζουν την ποιότητα σε όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας, διανομής και αποθήκευσης. Η συσκευασία διευκολύνει επίσης την πώληση και τη διαφήμιση των προϊόντων, διευκολύνει τη μεταφορά και αυξάνει την ευκολία των καταναλωτών. Παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενο της συσκευασίας. Για την επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας, η βιομηχανία τροφίμων πρέπει να λάβει υπόψη έναν αριθμό παραγόντων που εξαρτώνται κυρίως από τη φύση του προϊόντος που συσκευάζεται και την αγορά στην οποία πωλείται και διανέμεται το προϊόν (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019).

Οι φθορές που υφίστανται τα προϊόντα οφείλονται κυρίως σε χτυπήματα κατά τη μεταφορά και σε πιέσεις κατά την αποθήκευσή τους σε αποθήκες ή πλοία. Η κατάλληλη συσκευασία μπορεί να μειώσει τα ατυχήματα και τη σοβαρότητα των μηχανικών βλαβών. Η χρήση ανθεκτικών και συμπαγών υλικών συσκευασίας, όπως μέταλλο, γυαλί και ξύλο, μπορεί να περιορίσει τις απώλειες που προκύπτουν από τις πιέσεις που δέχεται το φορτίο. Επιπλέον, η προσθήκη υλικών απορρόφησης κραδασμών, όπως αφρώδες πλαστικό ή χαρτί με αναδιπλώσεις, μπορεί να προστατεύσει το προϊόν από τα χτυπήματα κατά τη μεταφορά. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή της συσκευασίας είναι η διαπερατότητά της σε υδρατμούς, αέρια και πτητικές αρωματικές ενώσεις (Mangraj & Goswami 2009)

1.3.1 Υλικά Συσκευασίας τροφίμων

Το υλικό με το οποίο πρόκειται να συσκευαστεί ένα τρόφιμο πρέπει να είναι χημικά συμβατό με αυτό, αλλιώς θα προκληθούν ποιοτικές μεταβολές. Επιπρόσθετα,

δεν πρέπει να υπάρχει η πιθανότητα διάβρωσης της συσκευασίας του τροφίμου, ως απόρροια πιθανής αντίδρασης μεταξύ τους. Ακόμα υπάρχει ο κίνδυνος της μεταφοράς επικίνδυνων ενώσεων από τη συσκευασία στο τρόφιμο (πχ. μετανάστευση μονομερών). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να υπάρχει όταν πραγματοποιείται η επιλογή του υλικού συσκευασίας προκειμένου να αποφευχθεί η μεταφορά επιβλαβών ενώσεων. Έχουν θεσπιστεί όρια στην περιεκτικότητα επικίνδυνων ενώσεων σε υλικά συσκευασίας τροφίμων και τα αντίστοιχα υλικά συσκευασίας φέρουν τις αντίστοιχες επισημάνσεις (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019). Συνεπώς, τα υλικά συσκευασίας ενός τροφίμου θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από εύκαμπτα υλικά, να μπορούν να επεξεργαστούν σε διαφορετικά μεγέθη και σχήματα και να έχουν διαφορετικές λειτουργικές ιδιότητες (Cheng et al., 2022).

Τα συμβατικά υλικά συσκευασίας έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να προστατεύουν τα τρόφιμα από μηχανικές βλάβες, επιβλαβείς ακτινοβολίες, αέρια που προάγουν ανεπιθύμητες αντιδράσεις και να αποτρέπουν τη μόλυνση με παθογόνους μικροοργανισμούς και τοξικές χημικές ουσίες (Wang et al., 2017).

Τα κύρια υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες τροφίμων είναι τα εξής:

Χαρτί

Η συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιείται ευρέως για τη συγκράτηση και την προστασία ενός τροφίμου, τη διατήρηση των αρχικών ιδιοτήτων τους και τη διευκόλυνση της αποθήκευσης και της κατανάλωσης (Jones, 2019). Αποτελεί υλικό φιλικό προς το περιβάλλον, και την πρώτη επιλογή για συσκευασία στη βιομηχανία τροφίμων (Khwaldia et al., 2010). Σημαντικό χαρακτηριστικό των χάρτινων συσκευασιών είναι η ικανότητα εφαρμογής τους με άμεση επαφή στο τρόφιμο. Ως μέσο

συσκευασίας τροφίμων, το χαρτί χρησιμοποιείται για τη συσκευασία κατεψυγμένων προϊόντων, χαρτοκιβώτια γάλακτος, δοχεία έτοιμων προς κατανάλωση τροφίμων για φούρνο μικροκυμάτων, χαρτί ψησίματος, κουτιά και κύπελλα διανομής τροφίμων.

Αρκετά συστατικά και πρόσθετα στο χαρτί μπορούν να μεταναστεύσουν στα τρόφιμα που περιέχονται σε αυτό και, ανάλογα με το επίπεδο μετανάστευσης και την κατανάλωσή τους, με αποτέλεσμα να αποτελούν σημαντικό κίνδυνο της ανθρώπινης υγείας (Poças et al., 2010). Ωστόσο, το ζήτημα της χάρτινης συσκευασίας περιπλέκεται περαιτέρω λόγω της ποικιλίας των μεταναστευτικών ουσιών στα τρόφιμα και των διαφορετικών επιπέδων τοξικότητάς τους (Biedermann-Brem et al., 2016). Βασικές μεταναστευτικές ουσίες στα προϊόντα τροφίμων αποτελούν τα μελάνια εκτύπωσης και τα συστατικά τους, και μπορούν να οδηγήσουν σε νεφρική ανεπάρκεια, ενδοκρινικές διαταραχές και καρκίνο του πνεύμονα (Muncke, 2011).

Γυαλί

Το γυαλί, ως μέσο συσκευασίας αποτελεί ένα από τα αδρανέστερα και καταλληλότερα για όλα τα τρόφιμα και ποτά υλικά (Singh, & Heldman, 2013). Θεωρητικά, δεν υπάρχουν περιορισμοί στην ποσότητα του γυαλιού που μπορεί να παραχθεί, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης αποτελείται από άλατα και οξείδια ασβεστίου, πυριτίου και νατρίου, τις ενώσεις από τις οποίες κατασκευάζεται το γυαλί. Μικρότερες ποσότητες άλλων υλικών προστίθενται για να δώσουν χρώμα και επιθυμητές ιδιότητες στο γυαλί. Ένα από αυτά τα υλικά είναι το οξείδιο του μολύβδου, το οποίο προστίθεται κατά την κατασκευή του κρυστάλλου για να αυξηθεί η πυκνότητα του γυαλιού (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019).

Το γυαλί έχει την δυνατότητα να μετασχηματιστεί σε διάφορα σχήματα και μορφές, με κυρίαρχα χρώματά του να είναι το πράσινο, καφέ και διαφανές γυαλί, με το τελευταίο να καταλαμβάνει σχεδόν το 50% της παγκόσμιας αγοράς.

Μεταλλικές συσκευασίες

Τα δύο μεταλλικά υλικά που χρησιμοποιούνται για προϊόντα και συσκευασίες είναι το αλουμίνιο και ο κασσίτερος. Ο κασσίτερος είναι το παλαιότερο από αυτά τα υλικά και ήταν από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στη συσκευασία τροφίμων. Ωστόσο σταδιακά εκτοπίστηκε από ελαφρύτερα υλικά συσκευασίας όπως το πλαστικό και το αλουμίνιο. Ως υλικό συσκευασίας το αλουμίνιο βρίσκει εφαρμογή στην περιτύλιξη τροφίμων όπως σοκολάτα, σε περιέκτες αναψυκτικών ως πάμα για κουτιά και μπουκάλια, για ετικέτες και φυσικά αποτελεί ένα από τα υλικά για την παρασκευή πολύφυλλων μεμβρανών. Υπάρχουν ωστόσο και αρκετά αποτελέσματα ερευνών τα οποία ενοχοποιούν το αλουμίνιο που μεταναστεύει από μαγειρικά σκεύη και μέσα συσκευασίας στο αίμα (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019). Το αλουμίνιο ενοχοποιείται για διάφορες εκφυλιστικές παθήσεις του κυκλοφορικού και νευρικού συστήματος όπως κακή κυκλοφορία-κρύα άκρα, παραμορφωτική αρθρίτιδα, αλτσχάιμερ, ακόμα και καρκινογένεση (Kawahara, & Kato-Negishi, 2011).

Πλαστικό

Τα πλαστικά υλικά για τη συσκευασία τροφίμων παράγονται μέσω διαδικασιών πολυμερισμού, όπως η πολυσυμπύκνωση και η πολυπροσθήκη μονομερών. Στην πολυσυμπύκνωση, οι πολυμερείς αλυσίδες σχηματίζονται μέσω αντιδράσεων συμπύκνωσης μεταξύ μορίων, με την παραγωγή υποπροϊόντων χαμηλού μοριακού βάρους, όπως το νερό ή η μεθανόλη. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει μονομερή που

διαθέτουν τουλάχιστον δύο λειτουργικές ομάδες (αλκοόλες, αμίνες, καρβοξυλικές ομάδες). Επιπλέον, διάφοροι τύποι πλαστικών, όπως πολυολεφίνες, πολυεστέρες, PVC, PVDC, πολυστυρόλιο, πολυαμίδες και αιθυλενοβινυλική αλκοόλη, χρησιμοποιούνται ως υλικά συσκευασίας τροφίμων.

Παρά το γεγονός ότι έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότεροι από 30 τύποι πλαστικών για τη συσκευασία τροφίμων (Lau et al., 2000), οι πολυολεφίνες και οι πολυεστέρες είναι οι πιο συνήθεις. Το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), το πολυκαρβονικό και το ναφθαλικό πολυαιθυλένιο (PEN) ανήκουν στους πολυεστέρες, που είναι πολυμερή συμπύκνωσης, τα οποία σχηματίζονται από αντιδράσεις μεταξύ καρβοξυλικών οξέων και αλκοολών (Salvatore & Kenneth, 2005).

1.3.2 Καινοτόμες Συσκευασίες Τροφίμων

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, οι μεταβαλλόμενες διατροφικές συνήθειες και η κλιματική κρίση αναγκάζουν την παγκόσμια βιομηχανία τροφίμων να ασχοληθεί με θέματα ασφάλειας των προϊόντων κατά τον μετασυλλεκτικό χειρισμό, καθώς οι μεγαλύτερες απώλειες συμβαίνουν στο στάδιο μετά τη συγκομιδή (Zekrehiwot et al., 2017).

Παραδοσιακά, η συσκευασία τροφίμων περιλαμβάνει πλαστικά, χάρτινα, γυάλινα και μεταλλικά υλικά (Mahalik et al., 2014), τα οποία εμπεριέχουν ουσίες όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, το χλώριο και τη διοξίνη. Αυτές οι εκπομπές είναι επιβλαβείς στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία (Mangaraj et al., 2019). Γι' αυτό, τα φιλικά προς το περιβάλλον υλικά συσκευασίας γίνονται μια βιώσιμη εναλλακτική λύση.

Σύμφωνα με τους Jeevahan et al. (2017), οι βρώσιμες συσκευασίες είναι ανακυκλώσιμες και κατασκευάζονται από φυσικά υλικά, όπως πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια. Αποτελούν μια καινοτόμο μέθοδο βιοδιασπώμενης συσκευασίας, ασφαλή τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Οι Guerrini et al. (2017) επισημαίνουν ότι οι βρώσιμες μεμβράνες διαθέτουν τις απαραίτητες φυσικοχημικές και μηχανικές ιδιότητες, αντικαθιστώντας τα συνθετικά πλαστικά. Τα βιοδιασπώμενα υλικά έχουν ιδιότητες συγκρίσιμες με τα συμβατικά πλαστικά και είναι εμπλουτισμένα με βιοενεργά συστατικά, όπως αντιμικροβιακούς και αντιοξειδωτικούς παράγοντες (Salgado et al., 2015, Lu et al., 2019).

Ένας κρίσιμος παράγοντας για την επιλογή υλικών συσκευασίας είναι τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των τροφίμων (Petersen et al., 1999), ενώ περιβαλλοντικές συνθήκες όπως υγρασία, θερμοκρασία και φωτισμός κατά τη διανομή και αποθήκευση πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη (Chen et al., 2019). Οι βιοδιασπώμενες μεμβράνες έχουν μελετηθεί εκτενώς για την ικανότητά τους να διατηρούν τα τρόφιμα, λειτουργώντας ως φραγμός ενάντια στη μετανάστευση υγρασίας, αερίων, αρωμάτων και διαλυτών (Said et al., 2022).

1.3.3 Νομοθεσία σχετικά με τα υλικά συσκευασίας τροφίμων

Ο κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 10/2011 της Επιτροπής, που εκδόθηκε στις 14 Ιανουαρίου 2011, ρυθμίζει τα πλαστικά υλικά και αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, καθορίζοντας τα όρια μετανάστευσης ουσιών από τα υλικά συσκευασίας στα τρόφιμα. Το «ειδικό όριο μετανάστευσης» (SML) είναι η μέγιστη ποσότητα μιας ουσίας που επιτρέπεται να μεταφερθεί από το υλικό συσκευασίας στο τρόφιμο. Το «ολικό όριο ειδικής μετανάστευσης» [SML(T)] αναφέρεται στο ανώτατο επιτρεπόμενο

άθροισμα συγκεκριμένων ουσιών που μεταφέρονται στο τρόφιμο ή στους προσομοιωτές τροφίμων, ενώ το «όριο ολικής μετανάστευσης» (OOM) καθορίζει τη μέγιστη ποσότητα μη πτητικών ουσιών που μπορούν να μεταφερθούν.

Επίσης, το Άρθρο 11 του κανονισμού ορίζει ότι τα πλαστικά υλικά δεν πρέπει να μεταφέρουν ουσίες στα τρόφιμα σε ποσότητες που ξεπερνούν τα SML, ενώ για ουσίες χωρίς συγκεκριμένο όριο, εφαρμόζεται ένα γενικό όριο 60 mg/kg, ενώ σύμφωνα με το Άρθρο 12 το όριο ολικής μετανάστευσης στα 10 mg/dm².

Τέλος, σύμφωνα με τον κανονισμό απαγορεύεται η χρήση ουσιών οι οποίες εμφανίσουν μεταλλαξιογόνο, καρκινογόνο ή τοξική δράση για την αναπαραγωγή στις συσκευασίες τροφίμων.

1.4 Εδώδιμες μεμβράνες

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση μεμβρανών στη συσκευασία τροφίμων, οι οποίες μπορούν να καταναλωθούν μαζί με το τρόφιμο, έχει αυξηθεί σημαντικά, δημιουργώντας πολλά καινοτόμα προϊόντα. Ωστόσο, η ιδέα της χρήσης μιας εδώδιμης επικάλυψης με στόχο την επιμήκυνση της εμπορικής διάρκειας ζωής φρέσκων τροφίμων δεν είναι καινούργια. Στην πραγματικότητα, αυτή η ιδέα εμπνέεται από τα φυσικά επικαλύμματα που έχουν κάποια τρόφιμα, όπως η φλούδα των φρούτων και των λαχανικών. Παρ' όλα αυτά, τα επεξεργασμένα τρόφιμα της σύγχρονης εποχής δεν διαθέτουν τέτοια φυσική προστασία έναντι των περιβαλλοντικών παραγόντων. Οι πρώτες προσπάθειες χρήσης εδώδιμων μεμβρανών για την επικάλυψη τροφίμων έγιναν τον δέκατο ένατο αιώνα.

Η εδώδιμη ή βρώσιμη μεμβράνη είναι ένα λεπτό στρώμα υλικού που εφαρμόζεται στην επιφάνεια ενός τροφίμου ως επικάλυψη ή τοποθετείται ανάμεσα στα συστατικά

του. Το πάχος αυτής της μεμβράνης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,3 mm ([Embuscado & Huber, 2009](#)). Η εφαρμογή βρώσιμων επικαλύψεων στα τρόφιμα μπορεί να γίνει με εμφύσηση ή ψεκασμό, ο σκοπός των οποίων είναι να:

- Αποτρέψει τη μετανάστευση της υγρασίας, του οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα, των αρωματικών ενώσεων και των λιπιδίων
- Λειτουργεί ως φορέας για πρόσθετες χημικές ενώσεις (αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά, αρωματικά)
- Βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες των τροφίμων
- Διευκολύνει το χειρισμό ([Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019](#))

Οι βρώσιμες μεμβράνες με επαρκείς μηχανικές ιδιότητες μπορούν να αντικαταστήσουν τις συνθετικές μεμβράνες συσκευασίας σε ορισμένες περιπτώσεις. Τα κύρια πλεονεκτήματα των βρώσιμων μεμβρανών έναντι των μη βρώσιμων πολυμερών υλικών συσκευασίας είναι τα εξής:

- 1) Μπορεί να καταναλωθεί μαζί με το προϊόν
- 2) Κατασκευάζονται από ανανεώσιμα υλικά που είναι περισσότερο βιοδιασπώμενα από τα συνθετικά πολυμερή
- 3) Η ενσωμάτωση πρόσθετων ουσιών (χρωστικές, γλυκαντικές, αρωματικές) στο φιλμ έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τις οργανικές ιδιότητες του συσκευασμένου προϊόντος
- 4) Βελτίωση της διατροφικής αξίας των προϊόντων διατροφής
- 5) Χρήση των μεμβρανών για τη συσκευασία μικρών ποσοτήτων τροφίμων
- 6) Τοποθέτηση μεμβρανών στη διεπιφάνεια μεταξύ διαφορετικών στρωμάτων υλικών εντός διαφορετικών προϊόντων για την αποφυγή μεταφοράς

υγρασίας ή μετανάστευσης ενώσεων μεταξύ διαφορετικών συστατικών εντός του προϊόντος

- 7) Χρήση ως φορέων για αντιβακτηριακές και αντιοξειδωτικές ενώσεις
- 8) Χρήση στη μικροενθυλάκωση ενώσεων και εκκινητικών καλλιιεργειών που λειτουργούν ως ενισχυτές γεύσης και στον έλεγχο του ρυθμού απελευθέρωσής τους στο προϊόν διατροφής
- 9) Χρήση σε συνδυασμό με μη βρώσιμες μεμβράνες για την παραγωγή πολυστρωματικών υλικών συσκευασίας σε επαφή με τρόφιμα (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019)

Επιπρόσθετα σύμφωνα με τους Varzakas & Tzia (2016) αναφέρονται και τα εξής πλεονεκτήματα των εδώδιμων μεμβρανών:

1. Αποτελεί ιδανική συσκευασία για το περιβάλλον, καθώς καταναλώνεται με τα τρόφιμα και παράγεται από βρώσιμες, ανανεώσιμες πρώτες ύλες
2. Ακόμη και αν δεν καταναλωθεί, αποσυντίθεται γρήγορα, καθώς είναι ένα πλήρως βιοδιασπώμενο υλικό
3. Βελτιώνει τις οργανικές ιδιότητες του επικαλυμμένου τροφίμου μέσω ενισχυτικών χρώματος, αρώματος και γεύσης

1.4.1 Παρασκευή Εδώδιμων Μεμβρανών

Ο Guilbert (1986) και οι Kester & Fenema (1986) διέκριναν τις μεμβράνες σε πρωτεϊνικές, λιπιδικές, υδατανθρακούχες ή πολυσακχαριτικές και σε σύνθετες προερχόμενες από την ανάμειξη των προαναφερόμενων ενώσεων. Τα κύρια συστατικά της παρασκευής εδώδιμων μεμβρανών διακρίνονται ως υδροκολλοειδή (πρωτεΐνες, παράγωγα κυτταρίνης, αλγινικά άλατα, πηκτές, πηκτίνη, άμυλα και άλλοι

πολυσακχαρίτες), λιπίδια (κεριά, ακυλογλυκερόλες και λιπαρά οξέα) και σύμπλοκα που περιέχουν τόσο υδροκολλοειδή όσο και λιπίδια.

Γενικά, οι βρώσιμες μεμβράνες σχηματίζονται με τους ακόλουθους μηχανισμούς:

- Απλή καταβύθιση: καταβύθιση ή αλλαγή της φυσικής κατάστασης υδροκολλοειδών διαλυμένων στο νερό,
- Ανάμιξη, αλληλεπίδραση διαλυμάτων υδροκολλοειδών με αντίθετα φορτία καταβυθίζει πολυμερικά σύμπλοκα,
- Πηκτωματοποίηση ή θερμική πήξη: η θέρμανση του πολυμερούς προκαλεί μετουσίωση, με αποτέλεσμα το σχηματισμό πηκτής ή την καταβύθιση, ή η ψύξη του συστήματος διασποράς υδροκολλοειδών προκαλεί σχηματισμό πηκτής (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019).

1.5 Αλγινικά Άλατα

Τα αλγινικά άλατα είναι υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες που προέρχονται από φύκια και σχηματίζουν μη τοξικές, χαμηλού κόστους, βιοδιασπώμενες επιστρώσεις που σχηματίζουν φιλμ υψηλής αντοχής λόγω της γραμμικής τους δομής. Το αλάτι έχει την ικανότητα να αντιδρά με τα ιόντα ασβεστίου, και εξαιτίας αυτού δημιουργείται πηκτή και κατά συνέπεια η αντοχή και η αντίσταση σε παρεμβολές της επικάλυψης σχετίζεται άμεσα με το αλγινικό άλας (Tavassoli- Kafrani et al, 2016).

Οι μεμβράνες αλγινικού οξέος παρασκευάζονται με εξάτμιση υδατικού διαλύματος αλγινικού οξέος και προσθήκη αλάτων ασβεστίου που βοηθούν στο σχηματισμό διασταυρούμενων ιοντικών δεσμών. Είναι διαπερατές στα λίπη και τα έλαια αλλά όχι στους υδρατμούς (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2019).

1.6 Ασφαλής κατανάλωση εδώδιμων μεμβρανών

Στις ΗΠΑ, υπάρχει ένα συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο που διέπει τη διαδικασία με την οποία εγκρίνονται ή όχι οι βρώσιμες μεμβράνες για τρόφιμα. Ως εκ τούτου:

α) μια βρώσιμη μεμβράνη πρέπει να θεωρείται ασφαλής για κατανάλωση (δηλαδή να κατατάσσεται ως γενικά αναγνωρισμένη ως ασφαλής (GRAS) σύμφωνα με τη νομοθεσία των ΗΠΑ, εάν το υλικό από το οποίο κατασκευάζεται έχει προηγουμένως κριθεί ασφαλές για κατανάλωση)

β) εάν δεν είναι GRAS, αλλά ο κατασκευαστής μπορεί να αποδείξει την ασφάλειά της, μπορεί να υποβληθεί αίτηση στον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA).

Εάν ο κατασκευαστής μπορεί να αποδείξει ότι το προϊόν είναι ασφαλές, ο κατασκευαστής μπορεί να υποβάλει αίτηση στον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) για την έγκριση του προϊόντος ή ο ίδιος ο κατασκευαστής μπορεί να διαθέσει το προϊόν στην αγορά με δική του ευθύνη. Εάν το προϊόν δεν μπορεί να αποδειχθεί ασφαλές, ο κατασκευαστής πρέπει να υποβάλει αίτηση για την εμπορευσιμότητα της βρώσιμης μεμβράνης σύμφωνα με τον νόμο περί Τροφίμων και Ποτών.

Οι σημαντικότερες πρώτες ύλες για την παραγωγή βρώσιμων μεμβρανών είναι τα παράγωγα κυτταρίνης, το άμυλο και τα παράγωγά του, η γλουτένη σιταριού, η πρωτεΐνη σόγιας, η ζελατίνη και η πρωτεΐνη γάλακτος. Όσον αφορά τις μεμβράνες από πρωτεΐνες, πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένοι καταναλωτές έχουν δυσανεξία στη γλουτένη του σιταριού (κοιλιοκάκη), στην πρωτεΐνη του γάλακτος και στη λακτόζη. Εάν τέτοιες μεμβράνες χρησιμοποιούνται σε επιστρώσεις, πρέπει να αναγράφονται στη συσκευασία του τροφίμου, ανεξάρτητα από την ποσότητα του σχετικού συστατικού που χρησιμοποιείται στο τρόφιμο (Erdem et al. 2021, Jiang et al. 2021)

Εκτός από αυτές τις περιπτώσεις, δεν έχουν αναφερθεί προβλήματα υγείας για τους καταναλωτές βρώσιμων μεμβρανών. Στην πραγματικότητα, οι βρώσιμες μεμβράνες

μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς θρεπτικών ουσιών και οι πρωτεϊνικές μεμβράνες μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές θρεπτικές ουσίες στα τρόφιμα, ανάλογα με την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης πρωτεΐνης. Η θρεπτική αξία των συστατικών των βρώσιμων μεμβρανών μπορεί να επηρεαστεί θετικά ή αρνητικά από τη θερμοκρασία, το pH και τον διαλύτη που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των μεμβρανών (Behera et al. 2023)

Η μικροβιακή σταθερότητα των εδώδιμων μεμβρανών επιτυγχάνεται με σταθερές συνθήκες σχετικής υγρασίας, pH, θερμοκρασίας, συγκέντρωσης οξυγόνου και με την προϋπόθεση ότι η αποθήκευση θα διαρκέσει σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να αποτελέσουν φορείς αντιμικροβιακών ουσιών που βελτιώνουν την μικροβιακή σταθερότητα τόσο της μεμβράνης όσο και του τροφίμου (Cruz et al., 2021).

1.7Πρόσθετα συστατικά στα Τρόφιμα

Στη σύγχρονη εποχή, περισσότερες από 2500 χημικές ουσίες προστίθενται στα τρόφιμα για να προσδώσουν διάφορες ιδιότητες στα τρόφιμα και είναι γνωστές ως πρόσθετα. Αναλυτικότερα, ως πρόσθετο χαρακτηρίζεται μια ουσία ή ένα μείγμα ουσιών το οποίο προστίθεται σκόπιμα σε ένα τρόφιμο για να:

- δράσει ως συντηρητικό (preservative)
- βελτιώσει τη θρεπτική αξία (nutritional additive)
- ενισχύσει την οσμή και τη γεύση (flavouring agent)
- βελτιώσει το χρώμα (colouring agent)
- ελέγξει την υφή (texturizing agent)
- για άλλους λόγους (miscellaneous additives) (Μπλούκας, 2004)

Ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (1998) τα κατηγοριοποιεί ανάλογα με τις ιδιότητες και την προβλεπόμενη χρήση τους. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) και σε άλλα μέρη του κόσμου, τα πρόσθετα τροφίμων περιλαμβάνονται σε έναν σταθερό κατάλογο με έναν κωδικό αριθμό που ακολουθεί το γράμμα Ε, ενώ επίσης ενημερώνεται τακτικά, και αυτά τα οποία περιέχει χαρακτηρίζονται ως ασφαλή από τις χώρες της Ε.Ε. Τα τρόφιμα που περιέχουν πρόσθετα με το γράμμα Ε μπορούν να κυκλοφορούν ελεύθερα μεταξύ των κρατών μελών της Ε.Ε.

Τα συντηρητικά (preservatives) είναι πρόσθετα που έχουν σκοπό να προστατέψουν το τρόφιμο από μικροοργανισμούς, ενζυματικές και χημικές αντιδράσεις. Διακρίνονται σε: αντιμικροβιακά, αντιοξειδωτικά, παράγοντες αντιμετώπισης της μελάνωσης.

1.8 Αντιμικροβιακοί Παράγοντες

Όσοι αντιμικροβιακοί παράγοντες (antimicrobial agents) χαρακτηρίζονται από τους αριθμούς Ε 180-290 βρίσκουν εφαρμογή στην αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών προκειμένου να παραταθεί η διάρκεια ζωής των τροφίμων (European Commission, 2009). Οι ίδιες αυτές ουσίες χαρακτηρίζονται από τον Κώδικα Τροφίμων ως συντηρητικά. Οι αντιμικροβιακοί παράγοντες διακρίνονται σε φυσικούς και χημικούς. Στους πρώτους συναντώνται τα φυσικά συστατικά των τροφίμων καθώς και παράγοντες μικροβιολογικής και φυτικής προέλευσης (όπως καρυκεύματα και αιθέραια έλαια), ενώ στους δεύτερους ανήκει το χλωριούχο νάτριο, νιτρώδη και νιτρικά άλατα, διοξείδιο του θείου καιθειώδη άλατα, οξέα, και άλλα (Μπλούκας, 2004).

Τα καρυκεύματα, συμπεριλαμβανομένων των αιθέριων ελαίων, είναι οι κύριες αντιμικροβιακές ουσίες φυτικής προέλευσης. Τα μπαχαρικά είναι αποξηραμένα αρωματικά ή καυτερά βότανα ή μέρη φυτών, όπως σπόροι, καρποί, άνθη, στήμονες, ρίζες, φλούδες, φύλλα, κ.α. ακέραια, τεμαχισμένα ή αλεσμένα τα οποία προστίθενται στα τρόφιμα, και σε ορισμένα ποτά, για να προσδώσουν σε αυτά ιδιαίτερο άρωμα (οσμή και γεύση) χωρίς να επηρεάζουν τη θρεπτική τους αξία. Ορισμένα καρυκεύματα, παρουσιάζουν σημαντική αντιμικροβιακή δράση, γεγονός που παρεμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Σε πολλές περιπτώσεις οι ποσότητες των καρυκευμάτων που απαιτούνται για να εμφανίσουν αντιμικροβιακή δράση είναι μεγαλύτερες από τις συνήθεις ποσότητες που προστίθενται στα τρόφιμα (Jeepipalli, et al., 2022).

Πίνακας 1.1: Φυτά που χρησιμοποιούνται ως καρυκεύματα με ουσίες που εμφανίζουν αντιμικροβιακή δραστηριότητα (Chassagne et al. 2021)

Άνηθος	Δεντρολίβανο	Καφές	Μαντζουράνα	Πορτοκάλι
Βανίλια	Δίκταμο	Κόλιανδρος	Μάραθος	Πράσο
Βασιλικός	Δυόσμος	Κρεμμύδι	Μέντα	Ρίγανη
Γαρίφαλο	Θρούμπι	Κύμινο	Μοσχοκάρυδο	Σέλινο
Γλυκάνισος	Θυμάρι	Λεμόνι	Μουστάρδα	Σκόρδο
Γλυκολέμονο	Κακάο	Λυκίσκος	Πάπρικα	Τσάι
Γλυκόριζα	Κανέλα	Μαϊντανός	Πιπέρι μαύρο	Τσιμένι
Δάφνη	Κάρδαμο	Μανταρίνι	Πιπερόριζα	Φασκόμηλο
				Φλαμούρι

Τα καρυκεύματα έχουν εφαρμογή σαν αντιμικροβιακοί παράγοντες είτε αυτούσια είτε εκχυλίσματα αυτών. Τα αυτούσια καρυκεύματα έχουν μεγαλύτερη

αντιμικροβιακή δράση από τα εκχυλίσματα. Η αντιμικροβιακή δράση των καρυκευμάτων διακρίνεται σε ισχυρή, μέτρια και ασθενή. Κάποια από τα καρυκεύματα που παρουσιάζουν αντιμικροβιακή δράση είναι τα εξής:

- Ισχυρή: κανέλα, γαρίφαλο, μουστάρδα
- Μέτρια: δάφνη, κόλιανδρος, κύμινο, ρίγανη, δεντρολίβανο, θυμάρι, φασκόμηλο
- Ασθενή: πιπέρι μαύρο, πάπρικα, πιπερόριζα (Μπλούκας, 2004)

Αναλυτικότερα, σχετικά με το σκόρδο, παρουσιάζει πολλά οφέλη σχετικά με την υγεία, όπως η πρόληψη καρκίνου, αντιβιοτικών, αντιυπερτασικών και της μείωσης της χαμηλής χοληστερόλης. Η χαρακτηριστική γεύση και οξύτητα του σκόρδου οφείλεται στην αφθονία των λιποδιαλυτών και υδατοδιαλυτών συστατικών του, συμπεριλαμβανομένου του θείου. Ωστόσο, μόνο λίγα φαρμακευτικά συστατικά είναι παρόντα σε άθικτες σκελίδες σκόρδου. Οι άθικτες σκελίδες σκόρδου περιέχουν το άοσμο αμινοξύ αλλίνη, το οποίο μετατρέπεται ενζυμικά σε οξυγονωμένα παράγωγα αλλυλοθειολών και στη συνέχεια σε αλλικίνη κατά τη διαδικασία κοπής και σύνθλιψης του σκόρδου (Sallam et al. 2023).

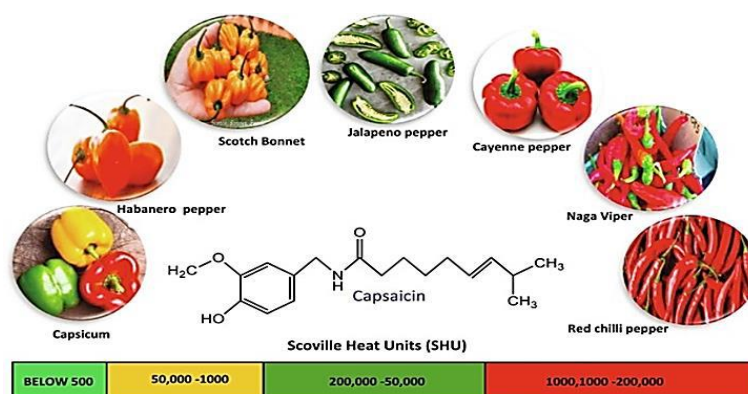
Εξίσου σημαντική είναι η δράση των εσπεριδοειδών (πορτοκάλι, λεμόνι, γλυκολέμονο, γκρέιπφρουτ), είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά (βιταμίνη C, φυλλικό οξύ, φυτικές ίνες). Επίσης, περιέχουν υψηλές ποσότητες μιας κατηγορίας φυτοχημικών, τα λιμονοειδή, για τα οποία υπάρχουν ενδείξεις ότι το λιμονένιο μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη του καρκίνου (Gould, 1997).

Η ρίγανη (*Origanum vulgare*) χρησιμοποιείται στη θεραπεία διαφόρων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένων των βακτηριακών λοιμώξεων, των γαστρεντερικών διαταραχών και των φλεγμονωδών ασθενειών. Η ελληνική ρίγανη λόγω του

πολυφαινολικού κλάσματος της, παρουσιάζει αντιοξειδωτικές, αντιβακτηριακές, αντιμυκητιασικές, αντιφλεγμονώδεις και δερμοπροστατευτικές ιδιότητες. Για τους λόγους αυτούς, η ρίγανη έχει μελετηθεί ως πηγή βιοδραστικών ενώσεων, όπως οι φαινολικές ενώσεις (Bautista-Hernández et al., 2021).

Το πιπέρι (*Piper nigrum*) χρειάζεται συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων για να αναπτυχθεί. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πιπεριού, όπως μαύρο, πράσινο, κόκκινο και λευκό, οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με την επεξεργασία και το στάδιο της συγκομιδής τους (Oyemitan, 2017). Το μαύρο πιπέρι ανήκει στην οικογένεια *Piperaceae*, η οποία περιλαμβάνει περίπου 8 γένη και 3.000 είδη, και απαντάται κυρίως σε θερμά τροπικά και υποτροπικά κλίματα, με ιδιαίτερη παρουσία στη Νότια και Κεντρική Αμερική, καθώς και στην Κεντρική Ασία, ειδικά στην Ινδία.

Το πιπέρι καγιέν και το τσίλι ανήκουν στο είδος *Capsicum annum* (Pickersgill, 2003). Το καγιέν, ένα είδος *Capsicum annum*, είναι στενά συνδεδεμένο με τις πιπεριές «καμπάνα» και «jalapenos». Οι πιπεριές καγιέν συνήθως αποξηραίνονται και αλέθονται για να φτιάξουν σκόνη καγιέν, η οποία είναι γνωστή για την καυτερή της γεύση λόγω της καψαϊκίνης. Οι πιπεριές καγιέν έχουν μέτρια καυστικότητα, με τιμές Scoville (SHU) μεταξύ 30.000 και 50.000. Η σκόνη τσίλι είναι ένα μείγμα μπαχαρικών με πικάντικη γεύση και κόκκινο χρώμα.



Εικόνα 1.3 : Scoville Heat Units (SHU) για είδη πιπεριών *Capsicum* (Waheeda, 2021)

Τα μείγματα σκόνης τσίλι περιέχουν έναν ή περισσότερους τύπους τσίλι και μερικές φορές προστίθενται και άλλα μπαχαρικά όπως ρίγανη, κύμινο και σκόρδο σε σκόνη. Ορισμένες σκόνες τσίλι περιέχουν επίσης πάπρικα. Επίσης, το πόσο καυτερή θα είναι μία σκόνη τσίλι εξαρτάται από τον συνδυασμό των μπαχαρικών και των τσίλι που χρησιμοποιούνται (Pickersgill, 2003).

1.9 Κέφαλος (*Mugil cephalus*)- Γενικά Χαρακτηριστικά

Ο κέφαλος είναι ψάρι της οικογένειας *Mugilidae*, το οποίο συναντάται σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, τόσο σε θαλάσσια όσο και σε υφάλμυρα και γλυκά νερά. Η καλλιέργειά του πραγματοποιείται κυρίως μέσω της πολυκαλλιέργειας, μαζί με τον κυπρίνο (*Cyprinus carpio*) και την τιλάπια (*Oreochromis mozambica*), σε χωμάτινες λεκάνες γλυκού και υφάλμυρου νερού (Whitfield et al., 2012). Στην Ελλάδα, ο κέφαλος αποτελεί περίπου το 45% της ετήσιας αλιευτικής παραγωγής στις λιμνοθάλασσες και είναι ένα είδος με μεγάλη οικονομική αξία (Katsonias et al., 1984, Dimitriou et al., 1994). Είναι ανθεκτικός στις μεταβολές της αλατότητας (Thompson, 1966) και αναπτύσσεται καλύτερα σε αλατότητα 17-21 ppt και θερμοκρασία 25°C (Peterson et al., 1999, Dorsch 1997).



Εικόνα 1.2: Κέφαλος (*Mugil cephalus*)

Από τα είδη της οικογένειας, τα *Mugil cephalus* και *Chelon labrosus* έχουν την πιο ανεπτυγμένη ικανότητα θερμορύθμισης (Hotos & Vlahos, 1998). Η αλατότητα μεταξύ 5 και 25 ppt δεν επηρεάζει τον ρυθμό ανάπτυξής τους (Cardona & Castello, 1997). Τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει προσπάθειες για εντατική εκτροφή του *Mugil* sp., τόσο σε κλωβούς όσο και σε δεξαμενές, με ποικίλους ρυθμούς ανάπτυξης όταν χρησιμοποιείται φυσικό συμπλήρωμα διατροφής (El-Ghobashy et al., 1996). Παρά τη δυσκολία στη διαχείρισή τους σε εντατικά συστήματα, έχει παρατηρηθεί ότι προσαρμόζονται καλά σε τεχνητή τροφή (Wright & Eastcott, 1982), με την καλύτερη ανάπτυξη να επιτυγχάνεται με διατροφή στο 4% και πυκνότητα έως 40 ψάρια/m³ (Nour et al., 1993).

Οι διατροφικές ανάγκες των *Mugil* sp. σε εντατική εκτροφή (μόνο ex situ) δεν έχουν μελετηθεί πλήρως και παραμένουν αντικείμενο έρευνας. Έχει αποδειχθεί ότι για τη βέλτιστη ανάπτυξή τους, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες πρέπει να είναι 30% σε θαλάσσια περιβάλλοντα και 35% σε συστήματα γλυκού νερού (El Sayed, 1991). Οι Argyropoulou et al. (1992) υποστηρίζουν ότι ο κέφαλος χρειάζεται μόνο μικρές ποσότητες ωμέγα-3 λιπαρών οξέων για τη διατήρηση φυσιολογικού μεταβολισμού, όπως και άλλα είδη ψαριών γλυκού νερού, για τα οποία τα φυτικά έλαια είναι αποτελεσματικά. Ωστόσο, άλλες μελέτες προτείνουν ότι η διατροφή πρέπει να περιλαμβάνει 36% πρωτεΐνες, 48% υδατάνθρακες και 8% λιπαρά (Torres-Pereira, 1991).

Η παθολογία του κεφάλου σε ημιεντατικά ή εντατικά συστήματα εκτροφής δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, και δεν υπάρχει σχετική βιβλιογραφία για συστήματα γλυκών νερών. Οι πληροφορίες για ασθένειες του κεφάλου είναι περιορισμένες και

προέρχονται από άλλες χώρες όπου καλλιεργούνται αυτά τα είδη (Paperna & Overstreet, 1981).

1.10 Σκοπός Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η μελέτη της επίδρασης εδώδιμων επικαλυμμάτων αλγινικών αλάτων (edible coatings) μόνα τους και σε συνδυασμό με δύο διαφορετικές συνταγές (Συνταγή Α: αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο σε σκόνη, Συνταγή Β: αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι, λεμόνι), στο μικροβιακό προφίλ και στον εμπορικό χρόνο ζωής φιλέτων κέφαλου που αποθηκεύτηκαν στους 2°C και 8°C, αντίστοιχα.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Προέλευση ιχθύων

Κέφαλοι (*Mugil cephalus*) βάρους περίπου 300 g ο καθένας (Εικ. 2.1) αλιεύθηκαν από την περιοχή της Χαλάστρας (Θερμαϊκός Κόλπος, Θεσσαλονίκη) στις 29 Μαρτίου 2024 και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Εμπορίας και Τεχνολογίας Αλιευτικών Προϊόντων και Τροφίμων του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βόλο.



Εικόνα 2.1: Ιχθύες (*Mugil cephalus*) μετά την αλίευση από την περιοχή της Χαλάστρας Θεσσαλονίκης (Θερμαϊκός Κόλπος)

2.2 Πειραματικός Σχεδιασμός

Προετοιμασία φιλέτων

Οι ιχθύες αρχικά κόπηκαν σε φιλέτα βάρους 10 g το καθένα (Εικ. 2.2).



Εικόνα 2.2: *Mugil cephalus* σε φιλέτα των 10g

Προετοιμασία edwódimων επικαλύψεων και μεταχειρίσεων

Για την επίτευξη του σκοπού της ΜΔΕ, παρασκευάστηκαν τα παρακάτω

α) διάλυμα edwódimων επικαλύψεων που περιείχε αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v) και

β) δύο διαφορετικές συνταγές – μίγματα με καρυκεύματα/μυρωδικά, οι οποίες περιείχαν:

- Συνταγή Α: μίγμα το οποίο περιείχε αλάτι, πιπέρι, ρίγανη και σκόρδο σε σκόνη,
- Συνταγή Β: μίγμα το οποίο περιείχε αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι και λεμόνι.

Τα φιλέτα χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να προκύψουν οι παρακάτω 6 μεταχειρίσεις:

1) Μεταχείριση 1^η: Φιλέτα κεφάλου – μάρτυρας



Εικόνα 2.3: Φιλέτα κεφάλου – μάρτυρας

2) Μεταχείριση 2^η: Φιλέτα κεφάλου που εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα το οποίο περιείχε αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v)



Εικόνα 2.4: Φιλέτα κεφάλου που είχαν εμβαπτιστεί σε διάλυμα με αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v)

3) Μεταχείριση 3^η: Φιλέτα κεφάλου με αλάτι, πιπέρι, ρίγανη και σκόρδο σε σκόνη
(Συνταγή Α)



Εικόνα 2.5: Φιλέτα κεφάλου με αλάτι, πιπέρι, ρίγανη και σκόρδο σε σκόνη

4) Μεταχείριση 4^η: Φιλέτα κεφάλου με αλάτι, πιπέρι, ρίγανη και σκόρδο σε σκόνη
(Συνταγή Α) τα οποία στη συνέχεια εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα που περιείχε
αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v)



Εικόνα 2.6: Φιλέτα κεφάλου με αλάτι, πιπέρι, ρίγανη και σκόρδο σε σκόνη
(Συνταγή Α) τα οποία στη συνέχεια εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα που περιείχε αλγινικό
νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v)

5) Μεταχείριση 5^η: Φιλέτα κέφαλου με αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι και λεμόνι
(Συνταγή Β)



Εικόνα 2.7: Φιλέτα κέφαλου με αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι και λεμόνι
(Συνταγή Β)

6) Μεταχείριση 6^η: Φιλέτα κέφαλου με αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι και λεμόνι
(Συνταγή Β) τα οποία στη συνέχεια εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα που περιείχε
αλγινικό νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v)



Εικόνα 2.8: Φιλέτα κέφαλου με αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι και λεμόνι
(Συνταγή Β) τα οποία στη συνέχεια εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα που περιείχε αλγινικό
νάτριο 1,5% (w/v) και γλυκερόλη 10% (v/v)

Για τις μεταχειρίσεις με τις επικαλύψεις, τα φιλέτα εμβαπτίσθηκαν στα διαλύματα για ένα λεπτό (Εικ. 2.9), στη συνέχεια παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου για ένα λεπτό και κατόπιν εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα που περιείχε 2% (w/v) χλωριούχο ασβεστό (CaCl₂) για ένα λεπτό (Liu et al. 2023).



Εικόνα 2.9: Εμβάπτιση φιλέτων σε διάλυμα αλγινικών αλάτων

Τέλος, τα φιλέτα από κάθε μεταχείριση αποθηκεύτηκαν στους 2°C και 8°C. Οι δειγματοληψίες για την οργανοληπτική αξιολόγηση και την μικροβιολογική ανάλυση πραγματοποιούνταν κάθε δύο μέρες. Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν διπλά δείγματα και στις 6 μεταχειρίσεις.

2.3 Εκτίμηση Εμπορικού Χρόνου Ζωής

Η οργανοληπτική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε όλες τις δειγματοληψίες πριν την έναρξη των αναλύσεων. Χρησιμοποιήθηκε πενταβάθμια κλίμακα, και οι οργανοληπτικές παράμετροι αξιολογήθηκαν σύμφωνα με τον Οδηγό της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις βαθμίδες φρεσκάδας των αλιευτικών προϊόντων (Howgate et al., 1992). Στην κλίμακα, το 5 αντιστοιχούσε στο άριστο, το 4, 3 και 2 στο φρέσκο, το αποδεκτό και το μη αποδεκτό αντίστοιχα, ενώ το 1 αναφερόταν στο αλλοιωμένο. Ως χρόνος απόρριψης ορίστηκε η στιγμή που το προϊόν βαθμολογήθηκε με 2 από τουλάχιστον 2 από τους 5 κριτές.

2.4 Μικροβιολογική Ανάλυση

Μικροβιολογικά υλικά και εδώδιμα χημικά αντιδραστήρια

Τα μικροβιολογικά υλικά προμηθεύτηκαν από την εταιρεία LAB M (Lancashire, UK), εκτός από το Iron agar (IA), το οποίο προετοιμάστηκε σύμφωνα με τους Gram et al. (1987) και περιείχε: 20 g/l πεπτόνη, 3 g/l εκχύλισμα κρέατος, 3 g/l εκχύλισμα ζυμομυκήτων, 3 g/l κιτρικό σίδηρο, 0,3 g/l θειοθειικό νάτριο, 5 g/l NaCl, 0,6 g/l L-κυστεΐνη, και 14 g/l άγαρ. Το pH ρυθμίστηκε στο 7,4. Τα χημικά αντιδραστήρια προέρχονταν από τη Sigma-Aldrich (Steinheim, Γερμανία), ενώ η γλυκερόλη (φυτική) και το αλγινικό νάτριο προέρχονταν από την εταιρεία Manis Chemicals (Ελλάδα).

Ανάλυση δειγμάτων

Σε κάθε δειγματοληψία, λαμβάνονταν δείγματα σάρκας 10g, τα οποία μεταφέρονταν ασηπτικά σε αποστειρωμένες σακούλες stomacher. Προσθέτονταν 90 ml Maximum Recovery Diluent (MRD, που περιείχε 0,85% NaCl και 0,1% πεπτόνη) και στη συνέχεια τα δείγματα ομογενοποιούνταν για 2 λεπτά με συσκευή τύπου Stomacher (Bug Mixer, Interscience, Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο). Μετά την ομογενοποίηση, πραγματοποιούνταν διαδοχικές δεκαδικές αραιώσεις, μεταφέροντας 1 ml από κάθε αραιώση στον επόμενο δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε εννεαπλάσια ποσότητα αραιωτικού μέσου. Οι μικροοργανισμοί που απαριθμήθηκαν ήταν:

α) Ολικός Μικροβιακός Πληθυσμός σε TSA (Tryptone Soy Agar) μετά από επώαση των τρυβλίων στους 25°C για 48-72 ώρες,

β) *Pseudomonas* spp. σε CFC *Pseudomonas* Agar (Cetrimide-Fucidin-Cephaloridine agar) με καταμέτρηση των αποικιών, μετά από επώαση στους 25°C για 48 ώρες,

γ) βακτήρια που παράγουν H₂S σε IA (Iron Agar), με καταμέτρηση μόνο των μαύρων αποικιών, μετά από επώαση των τρυβλίων στους 25°C για 48 ώρες,

δ) ζύμες και μύκητες σε YEPD (yeast extract, peptone, dextrose), με καταμέτρηση των αποικιών, μετά από επώαση στους 25°C για 48-72 ώρες,

ε) Οξυγαλακτικά βακτήρια σε MRS Agar (Mann, Rogosa, Sharpe agar), με καταμέτρηση των αποικιών, μετά από επώαση στους 25°C για 48-72 ώρες,

στ) Enterobacteriaceae σε Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA) με καταμέτρηση των μωβ αποικιών με δακτύλιο, μετά από επώαση στους 37 °C για 24 h.

Επιπρόσθετα, πραγματοποιούνταν μετρήσεις για την ενεργό οξύτητα (pH) καθώς και για την ενεργότητα νερού (aw), για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά. Η μέτρηση του pH γινόταν με την χρήση του Thermo Scientific Orion Star A111, ενώ της aw με το Rotronic HygroPalm HP23-AW-A.



Εικόνα 2.10: Thermo Scientific Orion Star A111



Εικόνα 2.11: Rotronic HygroPalm HP23-AW-A

Τέλος, τα αποτελέσματα για όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές αναλύσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν μέσω του προγράμματος Microsoft Excel. Μέσω αυτού υπολογίστηκε ο μέσος όρος και το τυπικό σφάλμα στην κάθε μεταχείριση ξεχωριστά.

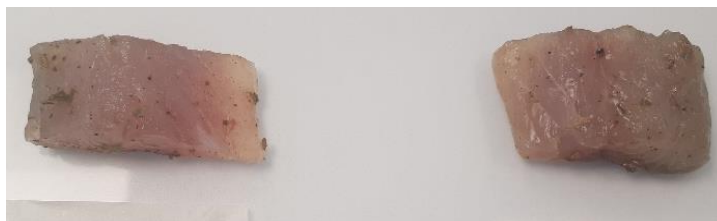
3. Αποτελέσματα

3.1 Εμπορικός Χρόνος Ζωής

Την πρώτη μέρα (D0), τα φιλέτα για όλες τις μεταχειρίσεις αξιολογήθηκαν με βάση τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά ως άριστα. Αναλυτικότερα, όσον αφορά τα φιλέτα στους 2°C, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση μέχρι και την 4^η ημέρα, ενώ απορρίφθηκαν την 6^η. Τα φιλέτα με την εδώδιμη επικάλυψη (Μεταχείριση 2^η) ήταν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 6^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 8^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 10^η ημέρα. Τα φιλέτα με την συνταγή Α (αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο) (Μεταχείριση 3^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 10^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» κατά την 12^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 14^η ημέρα. Τα φιλέτα με την συνταγή Α (αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο) σε συνδυασμό με την εδώδιμη επικάλυψη (Μεταχείριση 4^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 10^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 14^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 16^η ημέρα. Τα φιλέτα με την συνταγή Β (αλάτι, πιπέρι, καγιέν, τσίλι, λεμόνι) (Μεταχείριση 5^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 8^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 12^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» κατά την 14^η ημέρα. Τα φιλέτα με την συνταγή Β (αλάτι, πιπέρι, καγιέν, τσίλι, λεμόνι) σε συνδυασμό με την εδώδιμη επικάλυψη (Μεταχείριση 6^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 12^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 14^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 16^η ημέρα.



Εικόνα 3.1: Μεταχείριση 1^η (αριστερά) και Μεταχείριση 2^η (δεξιά) τη δεύτερη μέρα συντήρησης (D2) στους 2°C.



Εικόνα 3.2: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) τη δεύτερη μέρα συντήρησης (D2) στους 2°C.



Εικόνα 3.3: Μεταχείριση 6^η (αριστερά) και Μεταχείριση 5^η (δεξιά) τη δεύτερη μέρα συντήρησης (D2) στους 2°C.



Εικόνα 3.4: Μεταχείριση 1^η (αριστερά) και Μεταχείριση 2^η (δεξιά) την τέταρτη μέρα συντήρησης (D4) στους 2°C.



Εικόνα 3.5: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) την τέταρτη μέρα συντήρησης (D4) στους 2°C.



Εικόνα 3.6: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) την τέταρτη μέρα συντήρησης (D4) στους 2°C.



Εικόνα 3.7: Μεταχείριση 1^η (αριστερά) και Μεταχείριση 2^η (δεξιά) την όγδοη μέρα συντήρησης (D4) στους 2°C.



Εικόνα 3.8: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) την όγδοη μέρα συντήρησης (D8) στους 2°C.



Εικόνα 3.9: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) την όγδοη μέρα συντήρησης (D8) στους 2°C.



Εικόνα 3.10: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) τη δέκατη μέρα συντήρησης (D10) στους 2°C.



Εικόνα 3.11: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) τη δέκατη μέρα συντήρησης (D10) στους 2°C.



Εικόνα 3.12: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) τη δωδέκατη μέρα συντήρησης (D12) στους 2°C.



Εικόνα 3.13: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) τη δωδέκατη μέρα συντήρησης (D12) στους 2°C.



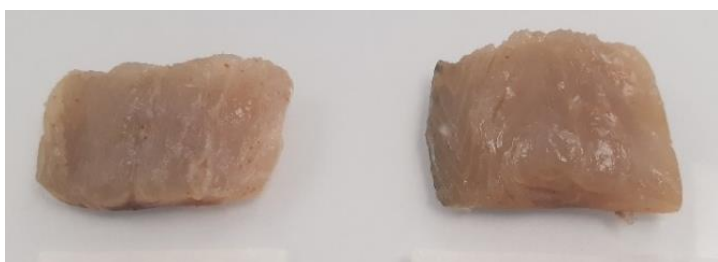
Εικόνα 3.14: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) τη δέκατη τέταρτη μέρα συντήρησης (D14) στους 2°C.



Εικόνα 3.15: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) τη δέκατη τέταρτη μέρα συντήρησης (D14) στους 2°C.



Εικόνα 3.16: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) τη δέκατη έκτη μέρα συντήρησης (D16) στους 2°C.



Εικόνα 3.17: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) τη δέκατη έκτη μέρα συντήρησης (D16) στους 2°C.

Αντίστοιχα, για τα φιλέτα που αποθηκεύτηκαν στους 8°C, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 2^η ημέρα, ενώ απορρίφθηκαν την 4^η. Τα φιλέτα με την εδώδιμη επικάλυψη (Μεταχείριση 2^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 2^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 4^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 6^η ημέρα. Τα φιλέτα με την Συνταγή Α (αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο) (Μεταχείριση 3^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 4^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 6^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε

κατάσταση «απορριπτόμενο» την 8^η ημέρα. Τα φιλέτα με την Συνταγή Α (αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο) σε συνδυασμό την εδώδιμη επικάλυψη (Μεταχείριση 4^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 6^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 8^η ημέρα. Τα φιλέτα με την Συνταγή Β (αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι, λεμόνι) (Μεταχείριση 5^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 4^η ημέρα, σε κατάσταση «υποβαθμισμένο αλλά αποδεκτό» έως την 6^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 8^η ημέρα. Τα φιλέτα με την Συνταγή Β (αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι, λεμόνι) σε συνδυασμό την εδώδιμη επικάλυψη (Μεταχείριση 6^η) παρέμειναν σε «άριστη» κατάσταση έως και την 6^η ημέρα, ενώ έφτασαν σε κατάσταση «απορριπτόμενο» την 8^η ημέρα.



Εικόνα 3.18: Μεταχείριση 1^η (αριστερά) και Μεταχείριση 2^η (δεξιά) τη δεύτερη μέρα συντήρησης (D2) στους 8°C.



Εικόνα 3.19: Μεταχείριση 4^η (αριστερά) και Μεταχείριση 3^η (δεξιά) τη δεύτερη μέρα συντήρησης (D2) στους 8°C.



Εικόνα 3.20: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) τη δεύτερη μέρα συντήρησης (D2) στους 8°C.



Εικόνα 3.21: Μεταχείριση 1^η (αριστερά) και Μεταχείριση 2^η (δεξιά) την τέταρτη μέρα συντήρησης (D4) στους 8°C.



Εικόνα 3.22: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) την τέταρτη μέρα συντήρησης (D4) στους 8°C.



Εικόνα 3.23: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) την τέταρτη μέρα συντήρησης (D4) στους 8°C.



Εικόνα 3.24: Μεταχείριση 3^η (αριστερά) και Μεταχείριση 4^η (δεξιά) την όγδοη μέρα συντήρησης (D8) στους 8°C.



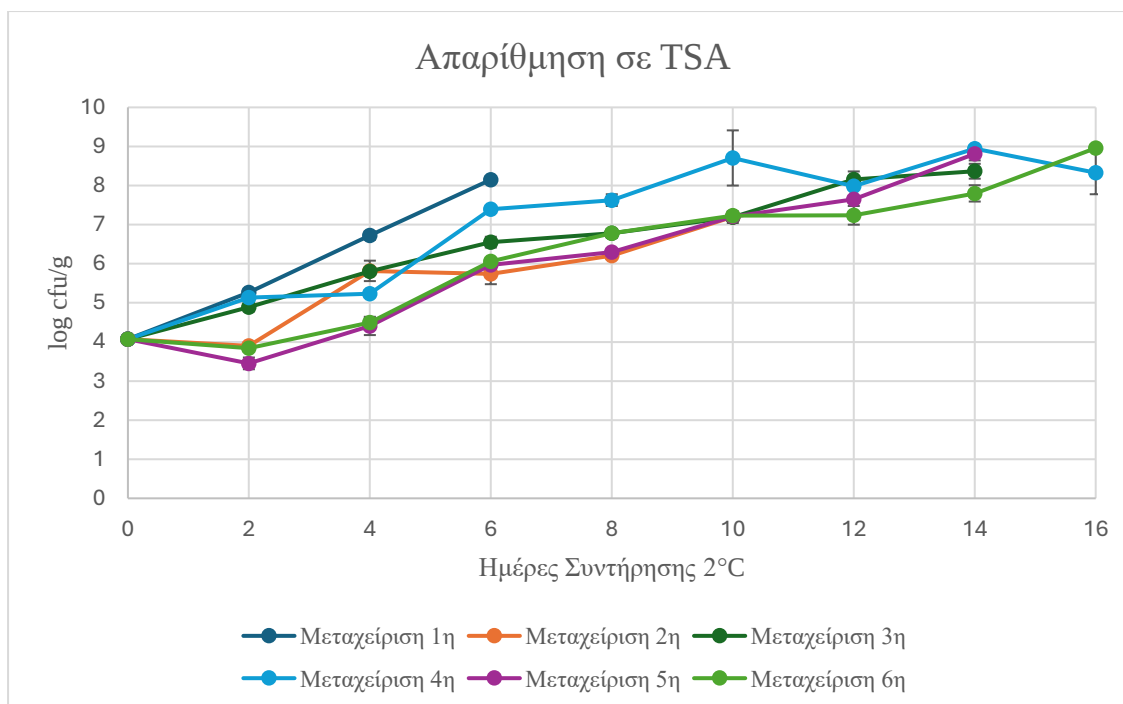
Εικόνα 3.25: Μεταχείριση 5^η (αριστερά) και Μεταχείριση 6^η (δεξιά) την όγδοη μέρα συντήρησης (D8) στους 8°C.

3.2 Μικροβιακές Μεταβολές

Οι πληθυσμιακές μεταβολές για την Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) καθώς και των κυριότερων αλλοιωγόνων μικροοργανισμών, και ειδικότερα των *Pseudomonas* spp., υδροθειούχων (H_2S), οξυγαλακτικών βακτηρίων, των βακτηρίων της οικογένειας Enterobacteriaceae, καθώς και ζύμες/μύκητες στα φιλέτα κεφάλου της κάθε μεταχείρισης, αποθηκευμένων στους 2°C και στους 8°C, παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες (Εικ. 3.2.1-3.2.12).

3.2.1 Μικροβιακές Μεταβολές στους 2°C

Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX)

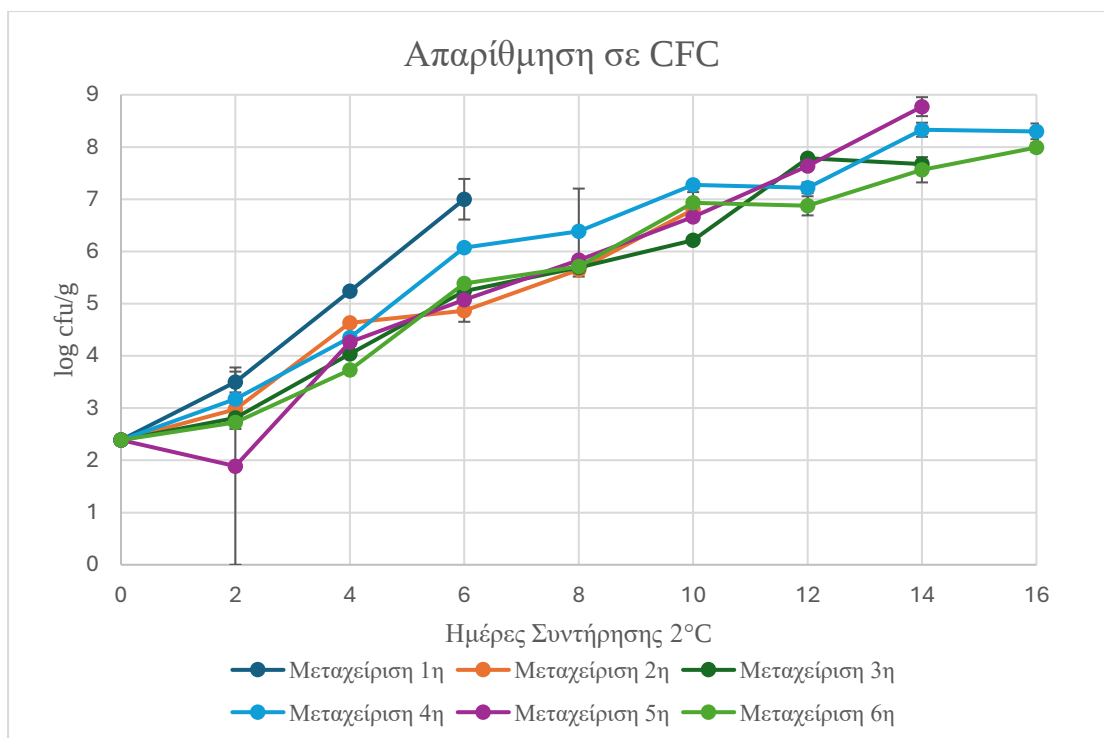


Εικόνα 3.2.1: Πληθυσμιακές μεταβολές της OMX για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέραλου στους 2°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα που εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή A, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή A και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή B, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή B και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), η αρχική OMX υπολογίστηκε στα επίπεδα των $4,07 \pm 0,01 \log \text{cfu/g}$ για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) έφτασαν τους $8,15 \pm 0,05 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα που εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $5,82 \pm 0,26 \log \text{cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα

και $7,20 \pm 0,1 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (10^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα της 3^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $7,19 \pm 0,15 \log \text{cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) η OMX ήταν στα επίπεδα των $8,37 \pm 0,19 \log \text{cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $8,71 \pm 0,71 \log \text{cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,33 \pm 0,55 \log \text{cfu/g}$. Τα φιλέτα της 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $6,30 \log \text{cfu/g}$ κατά την 8^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) η OMX ήταν στα επίπεδα των $8,81 \pm 0,17 \log \text{cfu/g}$. Τέλος, τα φιλέτα από της 6^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,24 \pm 0,24 \log \text{cfu/g}$ κατά την 12^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,96 \log \text{cfu/g}$.

Pseudomonas spp.

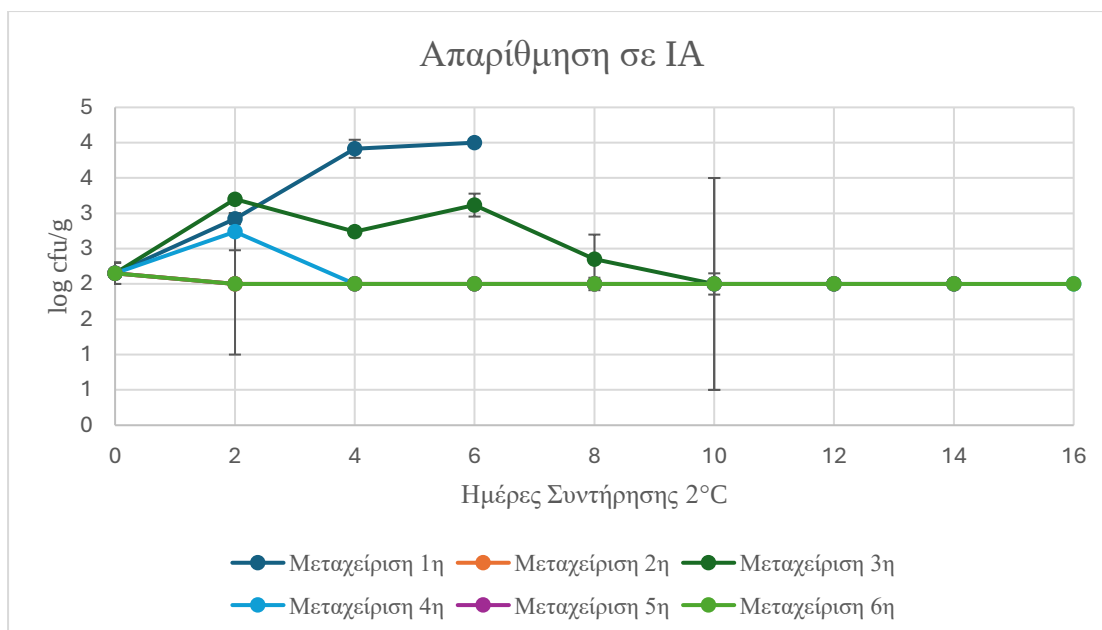


Εικόνα 3.2.2: Πληθυσμιακές μεταβολές των *Pseudomonas* spp. για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 2°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα που εμβάπτιστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των *Pseudomonas* spp. βρέθηκαν στα επίπεδα των $2,39 \pm 0,09$ log cfu/g για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) έφτασαν στα επίπεδα των $7,00 \pm 0,39$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 2^η Μεταχείριση (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους

4,63 ± 0,01 log cfu/g κατά την 4^η ημέρα και 6,80 ± 0,1 log cfu/g στο χρόνο απόρριψης τους (10^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα της 3^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των 6,21 ± 0,07 log cfu/g κατά την 10^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των *Pseudomonas* spp. ήταν στα επίπεδα των 7,68 ± 0,07 log cfu/g. Τα φιλέτα από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των 7,28 ± 0,05 log cfu/g κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των 8,30 ± 0,15 log cfu/g. Τα φιλέτα της 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των 5,84 ± 0,05 log cfu/g κατά την 8^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των *Pseudomonas* spp. ήταν στα επίπεδα των 8,77 ± 0,18 log cfu/g. Τέλος, τα φιλέτα από την 6^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των 6,87 ± 0,18 log cfu/g κατά την 12^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των 7,99 ± 0,09 log cfu/g.

Υδροθειοπαραγωγά βακτήρια

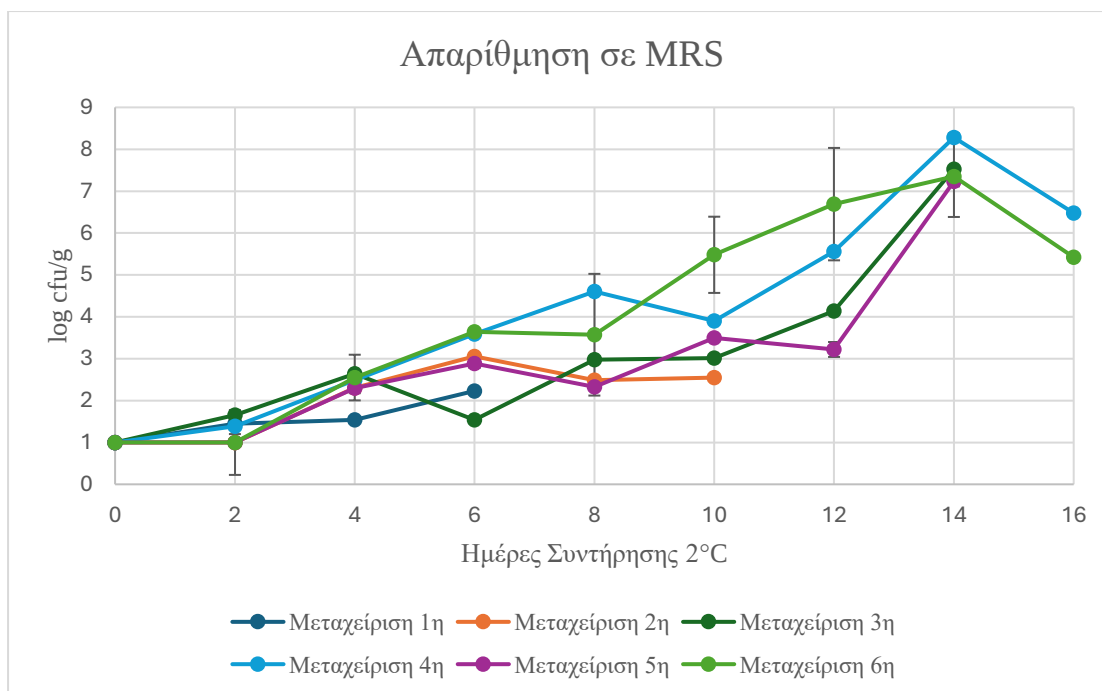


Εικόνα 3.2.3: Πληθυσμιακές μεταβολές των υδροθαιοπαραγωγών βακτηρίων, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 2°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα που εμβάπτιστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των υδροθαιοπαραγωγών βακτηρίων βρέθηκαν στα επίπεδα των $2,15 \pm 0,15 \log \text{cfu/g}$ για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (1^η Μεταχείριση) έφτασαν στα επίπεδα των $4,00 \pm 0,02 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους 2,00 log cfu/g κατά την 4^η ημέρα και 2,00 log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (10^η ημέρα).

Όσον αφορά τα φιλέτα από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g κατά την 10^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) παρέμειναν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g. Τα φιλέτα από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β), έφτασαν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g κατά την 8^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων παρέμειναν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των 2,00 log cfu/g κατά την 4^η ημέρα, όπου και παρέμειναν στα επίπεδα αυτά μέχρι και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα).

Οξυγαλακτικά βακτήρια

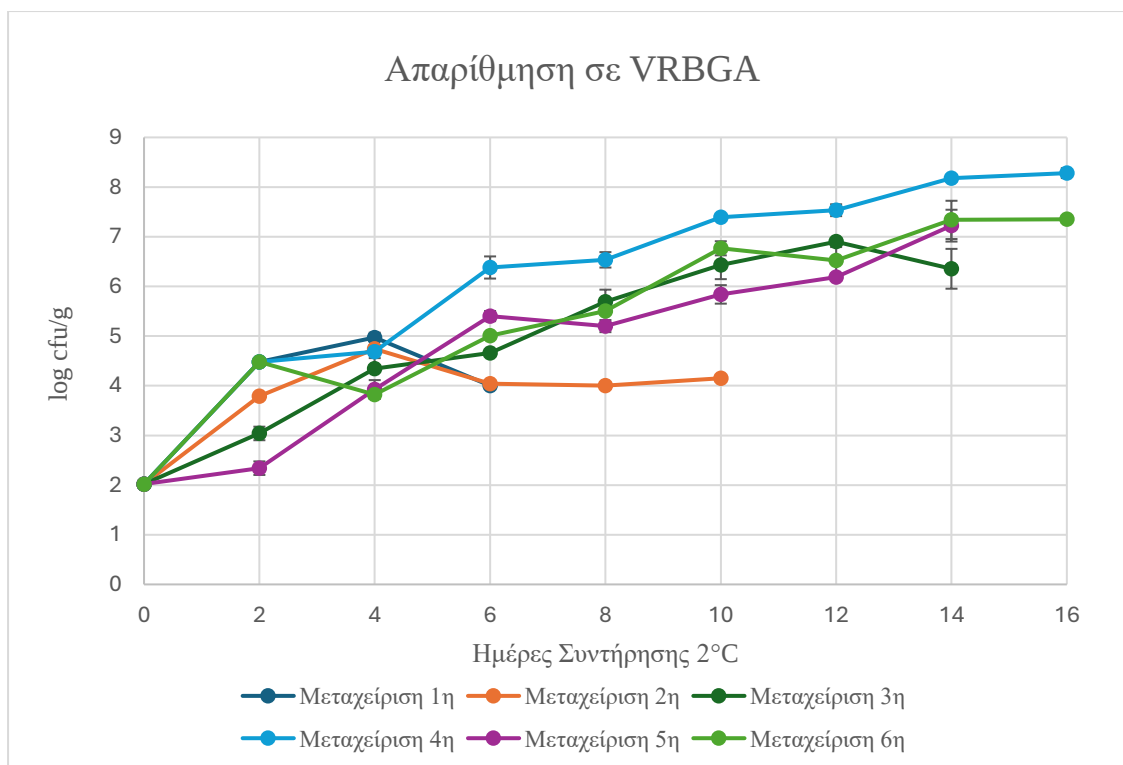


Εικόνα 3.2.4: Πληθυσμιακές μεταβολές των οξυγαλακτικών βακτηρίων, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 2°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα που εμβάπτιστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των οξυγαλακτικών βακτηρίων έφτασαν στα επίπεδα των 1,00 log cfu/g για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. Ειδικότερα, τα φιλέτα της 1^{ης} Μεταχείρισης (μάρτυρες) έφτασαν στα επίπεδα των $2,23 \pm 0,03$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 2^η Μεταχείριση (φιλέτα με την επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

έφτασαν στους $2,30 \pm 0,13 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα και $2,55 \pm 0,06 \log \text{ cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψης τους (10^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $3,01 \pm 0,01 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των οξυγαλακτικών βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $7,52 \pm 0,05 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $3,90 \pm 0,06 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $6,48 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $2,33 \pm 0,05 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 8^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των οξυγαλακτικών βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $7,23 \pm 0,12 \log \text{ cfu/g}$. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,35 \pm 0,97 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 14^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $5,42 \pm 0,06 \log \text{ cfu/g}$.

Βακτήρια οικογένειας *Enterobacteriaceae*

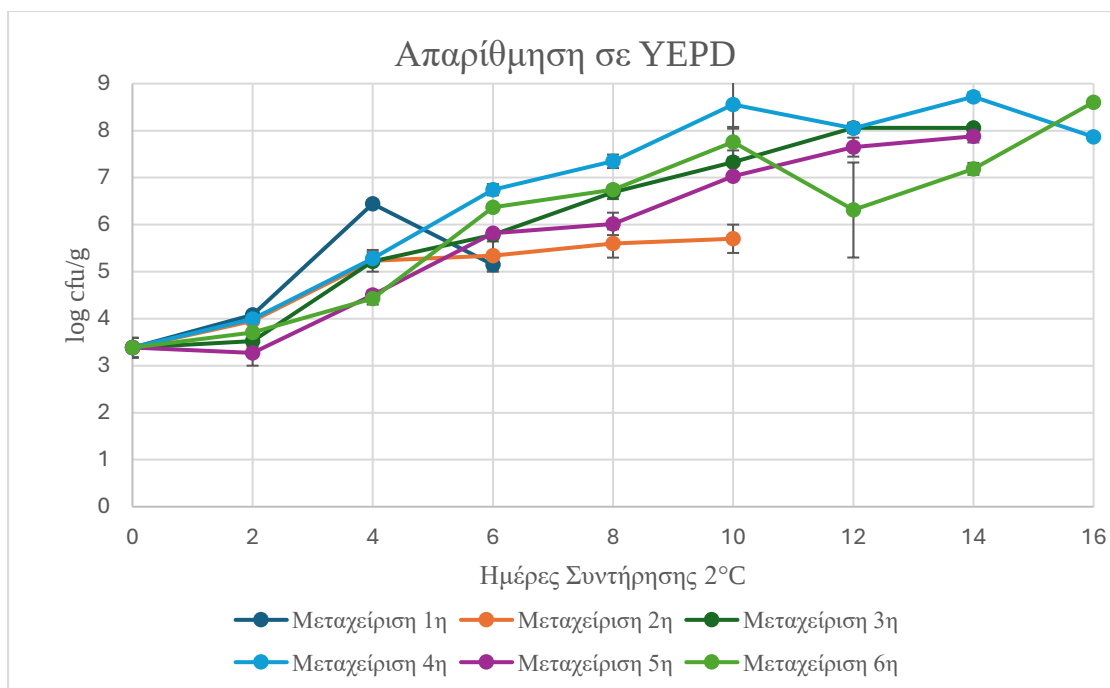


Εικόνα 3.2.5: Πληθυσμιακές μεταβολές των βακτηρίων *Enterobacteriaceae*, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 2°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα που εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των βακτηρίων της οικογένειας *Enterobacteriaceae* βρέθηκαν στα επίπεδα των $2,02 \pm 0,02$ log cfu/g για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) έφτασαν στα επίπεδα των 4,00 log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 2^η Μεταχείριση (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν

στους $4,74 \pm 0,33 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα και $4,15 \pm 0,05 \log \text{ cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψης τους (10^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα της 3^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $6,44 \pm 0,29 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $6,36 \pm 0,4 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,39 \pm 0,01 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,28 \pm 0,01 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα της 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $5,20 \pm 0,12 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 8^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί των βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $7,22 \pm 0,32 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 6^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $6,52 \pm 0,27 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 12^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $7,35 \pm 0,06 \log \text{ cfu/g}$.

Ζύμες και μύκητες



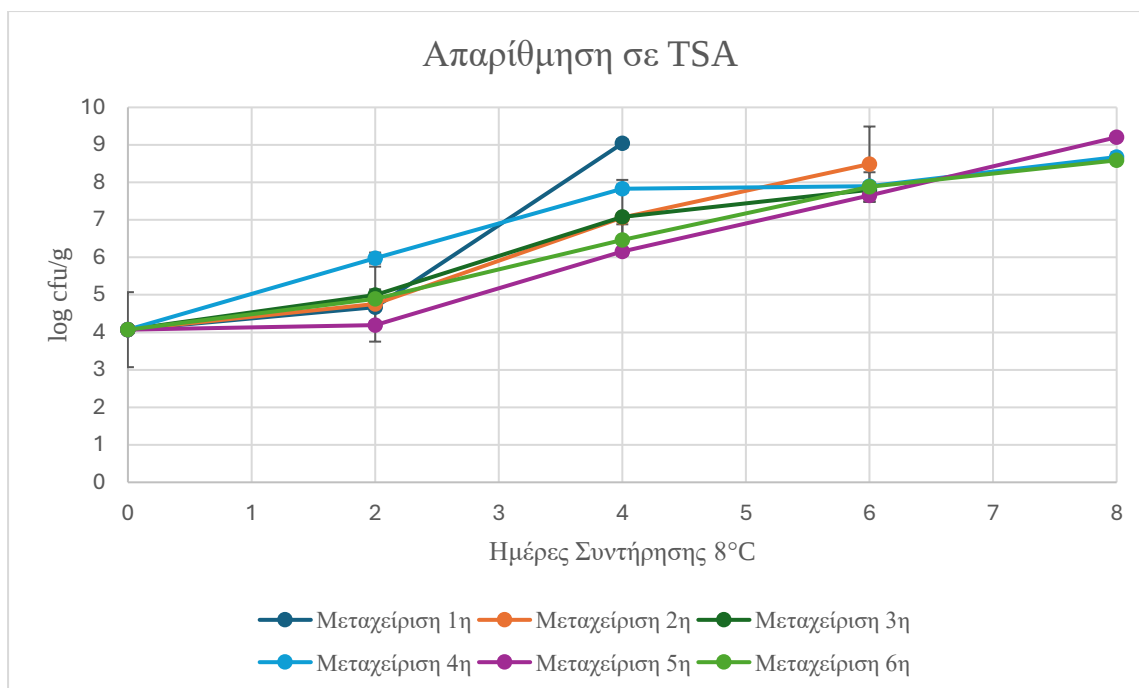
Εικόνα 3.2.6: Πληθυσμιακές μεταβολές των ζύμων και μυκήτων, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέρατος στους 2°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα που εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή A, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή A και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή B, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή B και εμβάπτιση σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα ζύμων και μυκήτων βρέθηκαν στα επίπεδα των $3,38 \pm 0,21$ log cfu/g για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. Ειδικότερα, τα φιλέτα από την 1^η Μεταχείριση (μάρτυρες) έφτασαν στα επίπεδα των $5,15 \pm 0,15$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $5,23 \pm 0,23$ log cfu/g κατά την 4^η ημέρα και $5,70 \pm 0,30$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους

(10^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα που προήλθαν από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $7,33 \pm 0,25 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί ήταν στα επίπεδα των $8,06 \pm 0,06 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $8,55 \pm 0,51 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $7,86 \pm 0,08 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $6,02 \pm 0,24 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 8^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (14^η ημέρα) οι πληθυσμοί ήταν στα επίπεδα των $7,88 \pm 0,13 \log \text{ cfu/g}$. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,76 \pm 0,32 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 10^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,61 \pm 0,04 \log \text{ cfu/g}$.

3.2.2 Μικροβιακές Μεταβολές στους 8°C

Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα

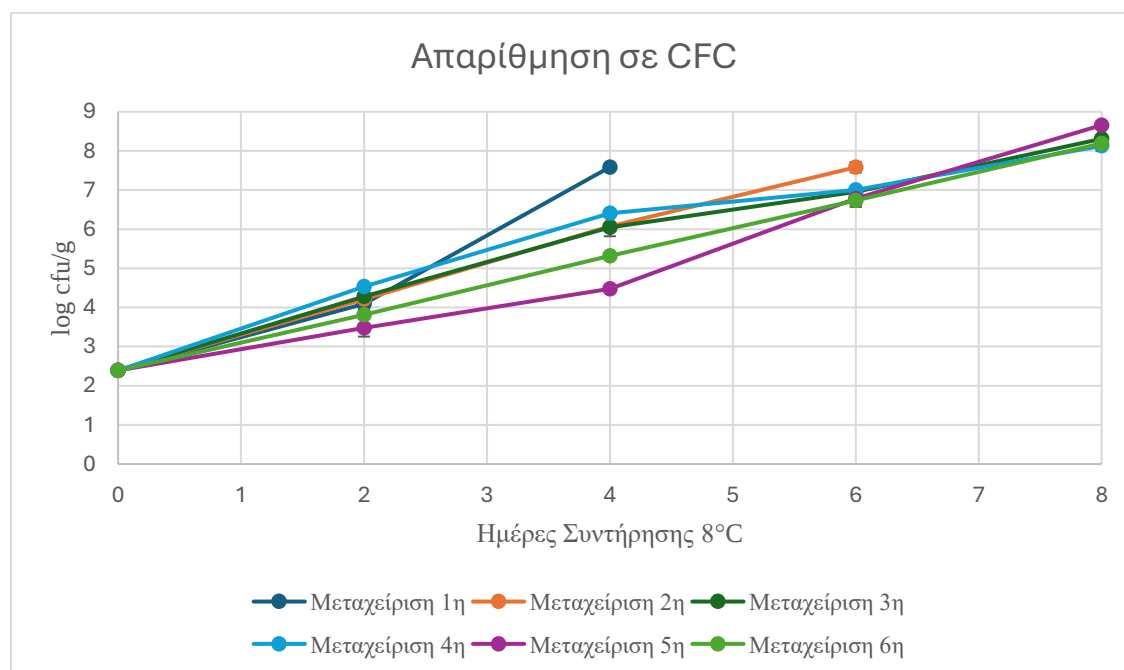


Εικόνα 3.2.7: Πληθυσμιακές μεταβολές της OMX για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέραλου στους 8°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή A, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή A και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή B, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή B και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), η αρχική OMX βρέθηκε στα επίπεδα των $4,07 \pm 0,01$ log cfu/g για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) έφτασαν στα επίπεδα των $9,04 \pm 0,11$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (4^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $7,07 \pm 0,19$ log cfu/g κατά την 4^η ημέρα και $8,49 \pm 0,21$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή A), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $7,80 \pm 0,09$

log cfu/g κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) η OMX ήταν στα επίπεδα των $9,17 \pm 0,26$ log cfu/g. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,90 \pm 0,11$ log cfu/g κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,68 \pm 0,13$ log cfu/g. Τα φιλέτα που προήλθαν από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $7,65 \pm 0,18$ log cfu/g κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) η OMX ήταν στα επίπεδα των $9,20 \pm 0,11$ log cfu/g. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,88 \pm 0,39$ log cfu/g κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,59 \pm 0,06$ log cfu/g.

Pseudomonas spp.

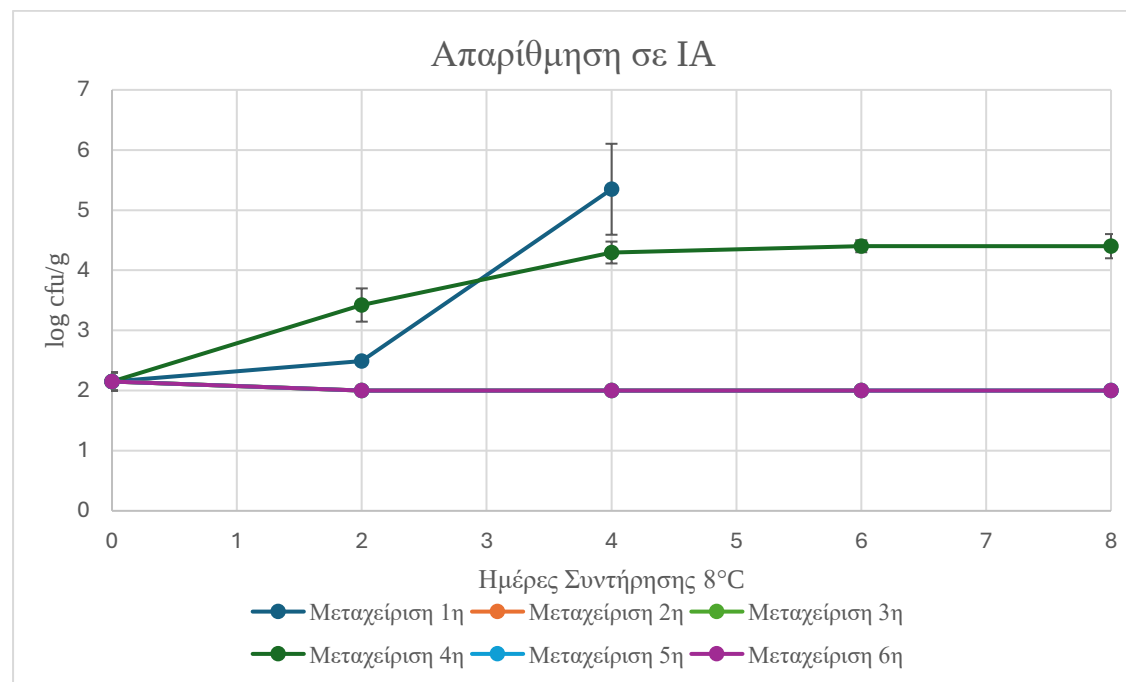


Εικόνα 3.2.8: Πληθυσμιακές μεταβολές των *Pseudomonas* spp. για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 8°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των ψευδομονάδων βρέθηκαν στα επίπεδα των $2,39 \pm 0,09 \log \text{ cfu/g}$ για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. Ειδικότερα, τα φιλέτα της 1^{ης} Μεταχείρισης (μάρτυρες) έφτασαν στα επίπεδα των $7,59 \pm 0,02 \log \text{ cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (4^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 2^η Μεταχείριση (φιλέτα με την επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $6,07 \pm 0,25 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα και $7,58 \pm 0,13 \log \text{ cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα της 3^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $6,96 \pm 0,09 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των *Pseudomonas* spp ήταν στα επίπεδα των $8,31 \pm 0,11 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και την επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,00 \pm 0,05 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,13 \pm 0,13 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα που προήλθαν από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $6,78 \pm 0,22 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των *Pseudomonas* spp. ήταν στα επίπεδα των $8,66 \pm 0,07$

log cfu/g. Τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή B και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), τέλος, έφτασαν στα επίπεδα των $6,73 \pm 0,14$ log cfu/g κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,19 \pm 0,09$ log cfu/g.

Υδροθειοπαραγωγά βακτήρια

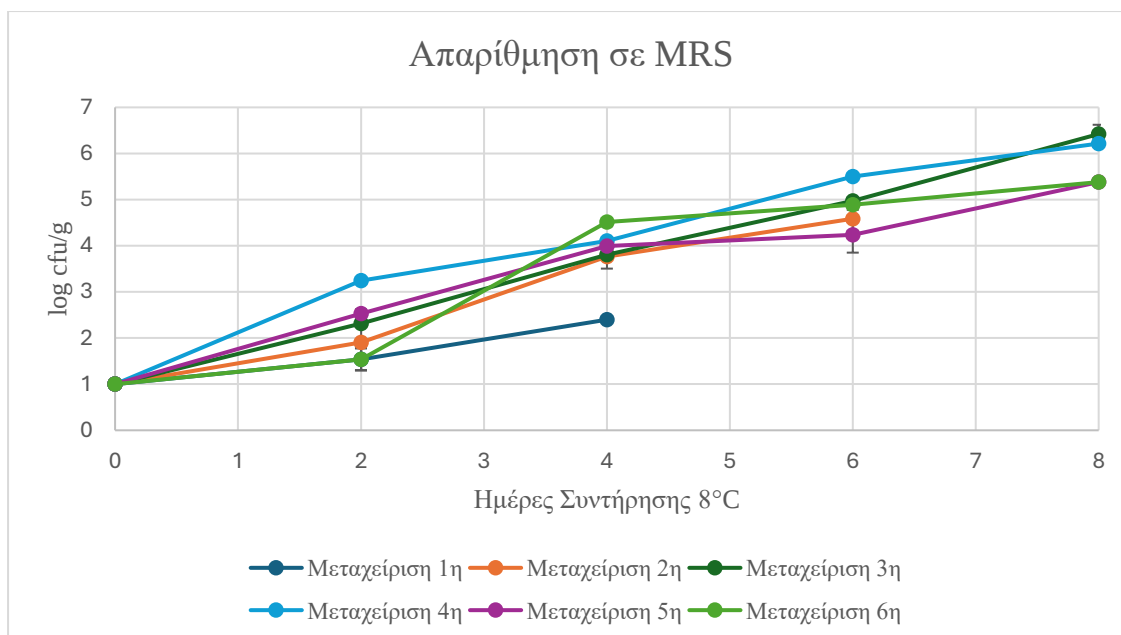


Εικόνα 3.2.9: Πληθυσμιακές μεταβολές των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 8°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή A, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή A και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή B, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή B και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων βρέθηκαν στα επίπεδα των $2,15 \pm 0,15$ log cfu/g για

όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. Ειδικότερα, τα φιλέτα της 1^{ης} Μεταχείρισης (μάρτυρας) έφτασαν στα επίπεδα των $5,35 \pm 0,76 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (4^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 2^η Μεταχείριση (φιλέτα με την επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $2,00 \log \text{cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα και $2,00 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα της 3^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $2,00 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», και παρέμειναν στα επίπεδα αυτά έως και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $4,40 \pm 0,1 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) παρέμειναν στα επίπεδα των $4,40 \pm 0,2 \log \text{cfu/g}$. Τα φιλέτα τα οποία προήλθαν από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β), έφτασαν στα επίπεδα των $2,00 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των υδροθιοπαραγωγών βακτηρίων παρέμειναν στα επίπεδα των $2,00 \log \text{cfu/g}$. Τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $2,00 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) παρέμειναν επίσης στα επίπεδα των $2,00 \log \text{cfu/g}$.

Οξυγαλακτικά βακτήρια

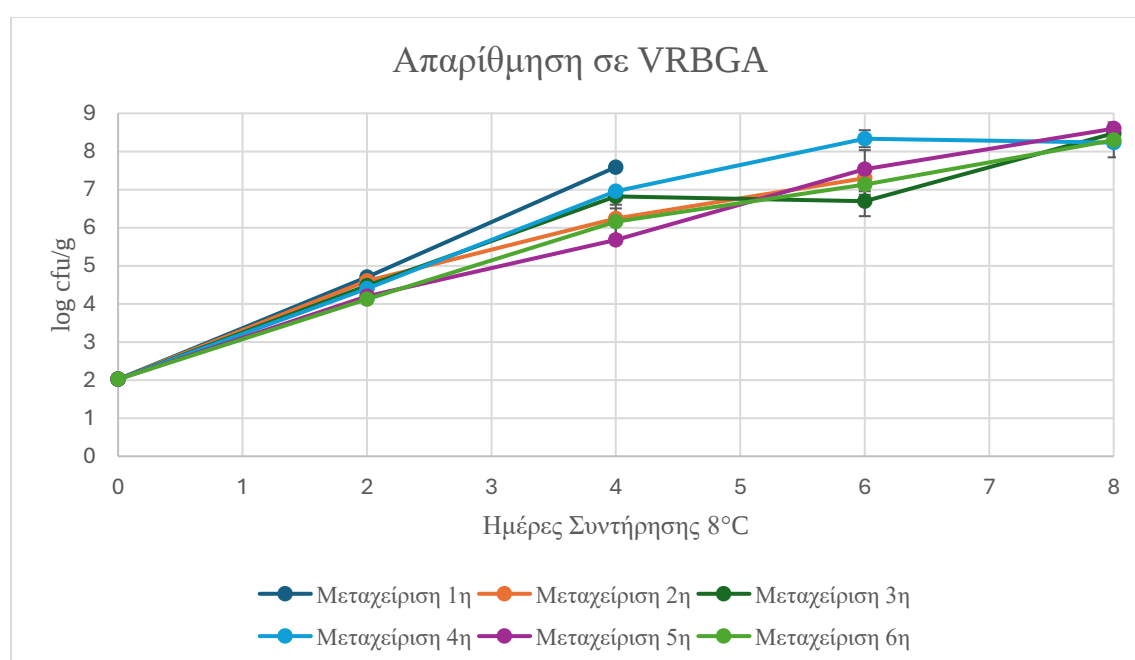


Εικόνα 3.2.10: Πληθυσμιακές μεταβολές των οξυγαλακτικών βακτηρίων, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 8°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των οξυγαλακτικών βακτηρίων έφτασαν στα επίπεδα των 1,00 log cfu/g για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (1^η Μεταχείριση) έφτασαν στα επίπεδα των $2,40 \pm 0,02$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (4^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $3,77 \pm 0,26$ log cfu/g κατά την 4^η ημέρα και $4,59 \pm 0,26$ log cfu/g στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την

Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $4,97 \pm 0,02 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των οξυγαλακτικών βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $6,42 \pm 0,2 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $5,50 \pm 0,05 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $6,22 \pm 0,08 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα που προήλθαν από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β), έφτασαν στα επίπεδα των $4,24 \pm 0,39 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των οξυγαλακτικών βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $5,38 \log \text{ cfu/g}$. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $4,89 \pm 0,11 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $5,38 \log \text{ cfu/g}$.

Βακτήρια οικογένειας *Enterobacteriaceae*

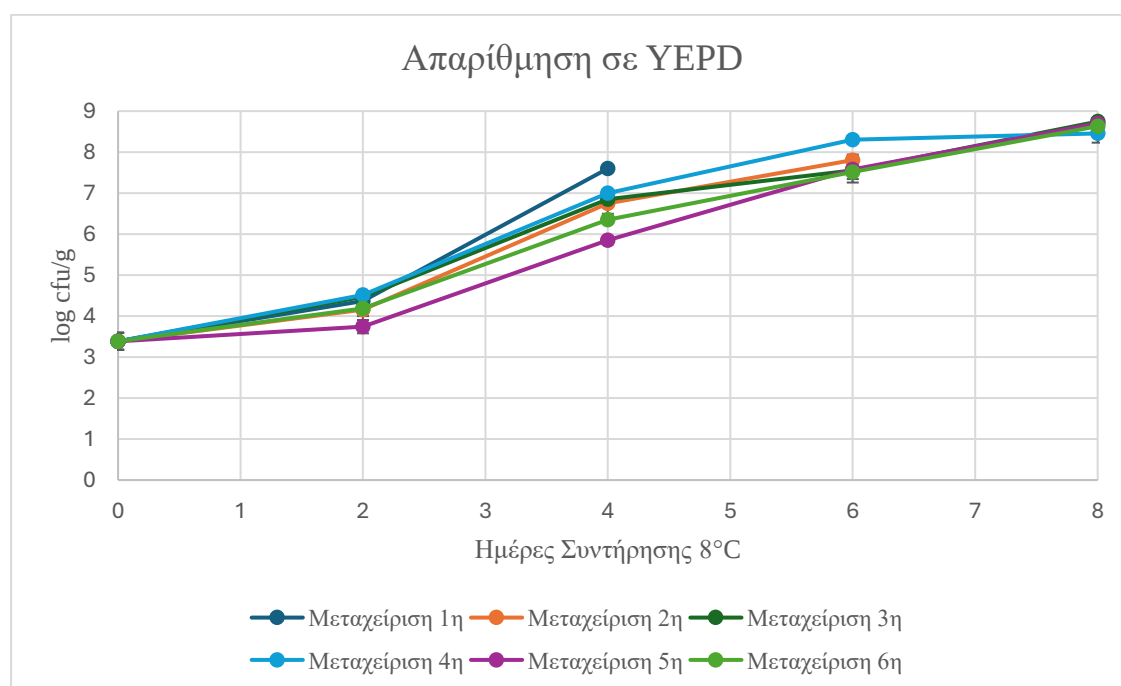


Εικόνα 3.2.11: Πληθυσμιακές μεταβολές των βακτηρίων *Enterobacteriaceae*, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κέφαλου στους 8°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα των βακτηρίων της οικογένειας *Enterobacteriaceae* βρέθηκαν στα επίπεδα των $2,02 \pm 0,02 \log \text{cfu/g}$ για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. Ειδικότερα, οι μάρτυρες (Μεταχείριση 1^η) τα φιλέτα έφτασαν στα επίπεδα των $7,59 \pm 0,08 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (4^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $6,24 \pm 0,54 \log \text{cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα και $7,30 \pm 0,34 \log \text{cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα που προήλθαν από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $6,69 \pm 0,39 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $8,48 \pm 0,03 \log \text{cfu/g}$. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $8,33 \pm 0,22 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,23 \pm 0,38 \log \text{cfu/g}$. Τα φιλέτα της 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $7,53 \pm 0,5 \log \text{cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί των βακτηρίων ήταν στα επίπεδα των $8,60 \pm 0,17 \log \text{cfu/g}$.

Τέλος, τα φιλέτα από την 6^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,13 \pm 0,27 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,30 \pm 0,18 \log \text{ cfu/g}$.

Ζύμες και μύκητες

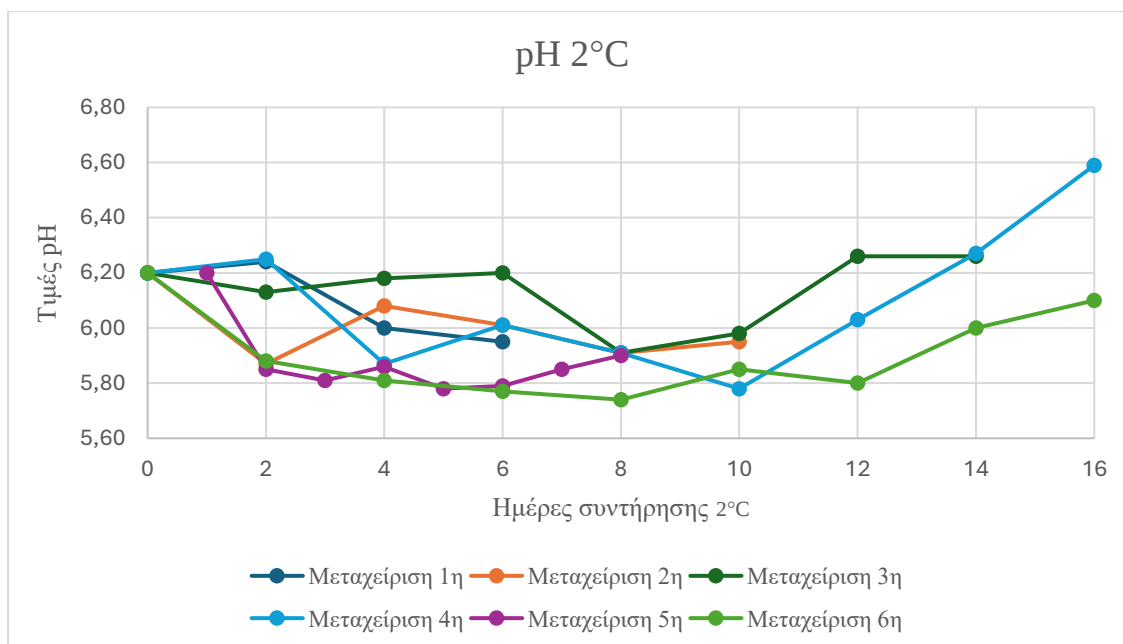


Εικόνα 3.2.12: Πληθυσμιακές μεταβολές των ζύμων και μυκήτων, για τις 6 μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης των φιλέτων κεφάλου στους 8°C. Τα σημεία αντιστοιχούν στους μέσους όρους 2 επαναλήψεων. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά τη φιλετοποίηση των ιχθύων (ημέρα 0), τα αρχικά επίπεδα ζύμων και μυκήτων βρέθηκαν στα επίπεδα των $3,38 \pm 0,21 \log \text{ cfu/g}$ για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C . Ειδικότερα, οι μάρτυρες (1^η Μεταχείριση) έφτασαν στα επίπεδα των $7,60 \pm 0,04 \log \text{ cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (4^η ημέρα). Τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στους $6,75 \pm 0,25 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 4^η ημέρα και $7,81 \pm 0,13 \log \text{ cfu/g}$ στο χρόνο απόρριψής τους (6^η ημέρα). Όσον αφορά τα φιλέτα που προήλθαν από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α), αυτά έφτασαν στα επίπεδα των $7,56 \pm 0,03 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί ήταν στα επίπεδα των $8,74 \pm 0,08 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $8,31 \pm 0,07 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,46 \pm 0,23 \log \text{ cfu/g}$. Τα φιλέτα από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) έφτασαν στα επίπεδα των $7,58 \pm 0,32 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, όπου οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν ως «άριστα», ενώ την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) οι πληθυσμοί ήταν στα επίπεδα των $8,70 \pm 0,05 \log \text{ cfu/g}$. Τέλος, τα φιλέτα που προήλθαν από την 6^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν στα επίπεδα των $7,51 \pm 0,17 \log \text{ cfu/g}$ κατά την 6^η ημέρα, και την ημέρα της απόρριψής τους (8^η ημέρα) έφτασαν στα επίπεδα των $8,63 \pm 0,15 \log \text{ cfu/g}$.

3.3 Μεταβολές ενεργούς οξύτητας (pH)

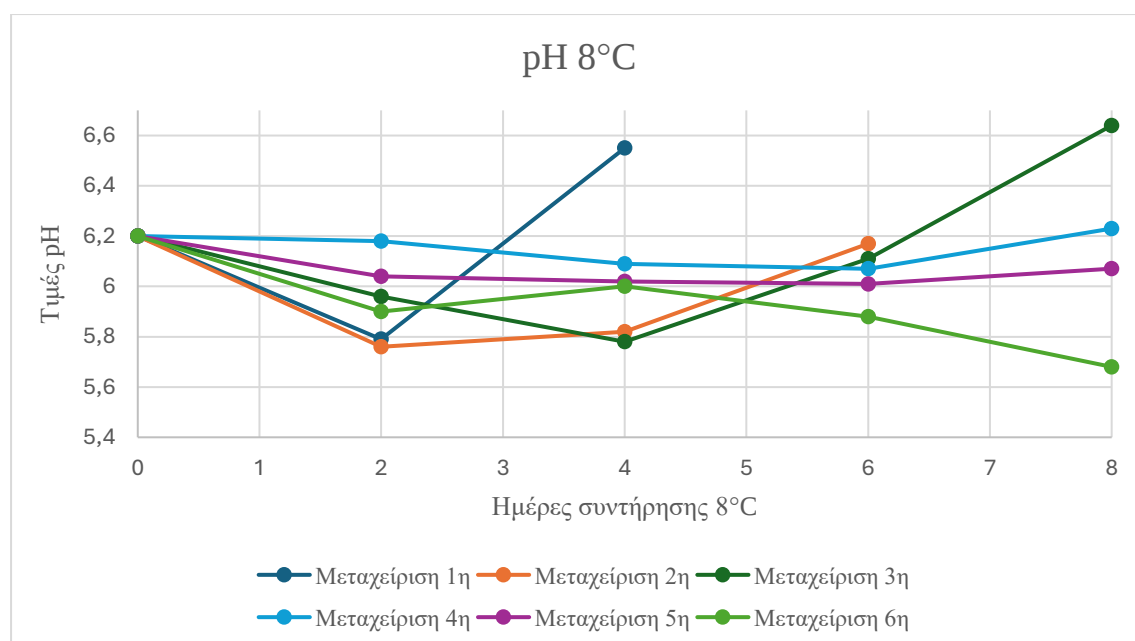
Οι μεταβολές τις τιμές του pH στα φιλέτα κεφάλου της κάθε μεταχείρισης, αποθηκευμένων στους 2°C και στους 8°C αντίστοιχα, παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες (Εικ. 3.3.1-3.3.2).



Εικόνα 3.3.1: Μεταβολή του pH για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Μετά την φιλετοποίηση των ιχθύων, η τιμή του pH βρέθηκε ίση με 6,20. Σχετικά με τις μεταβολές του pH στις μεταχειρίσεις που αποθηκεύτηκαν στους 2°C, τα φιλέτα από την 1^η Μεταχείριση (μάρτυρες) έφτασαν σε τιμή 5,95 κατά την ημέρα απόρριψής τους (6^η ημέρα). Στα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) η τιμή του pH αυξήθηκε έως και την 4^η ημέρα, όπου ήταν ίση με 6,08, ενώ την ημέρα απόρριψής τους (10^η ημέρα) υπολογίστηκε 5,95. Στα φιλέτα που προήλθαν από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α) παρατηρήθηκε αύξηση του pH έως την 6^η ημέρα, όπου βρέθηκε ίσο με 6,20, ενώ κατά την απόρριψή τους (14^η ημέρα) τα φιλέτα είχαν pH ίσο με 6,26. Τα φιλέτα από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) έφτασαν σε τιμή pH

ίση με 5,78 την 10^η ημέρα, και την ημέρα απόρριψής τους (16^η ημέρα) έφτασε σε τιμή ίση με 6,59. Τα φιλέτα της 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β) παρουσίασαν μείωση του pH τους, έφτασαν σε τιμή ίση με 5,85 την 12^η ημέρα, και την ημέρα απόρριψής τους (14^η ημέρα) έφτασε σε τιμή ίση με 5,90. Τέλος, στα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) επίσης παρατηρήθηκε πτώση του pH, ήταν ίσο με 5,74 κατά την 8^η ημέρα, και την ημέρα απόρριψής τους (16^η ημέρα) ήταν ίσο με 6,1.



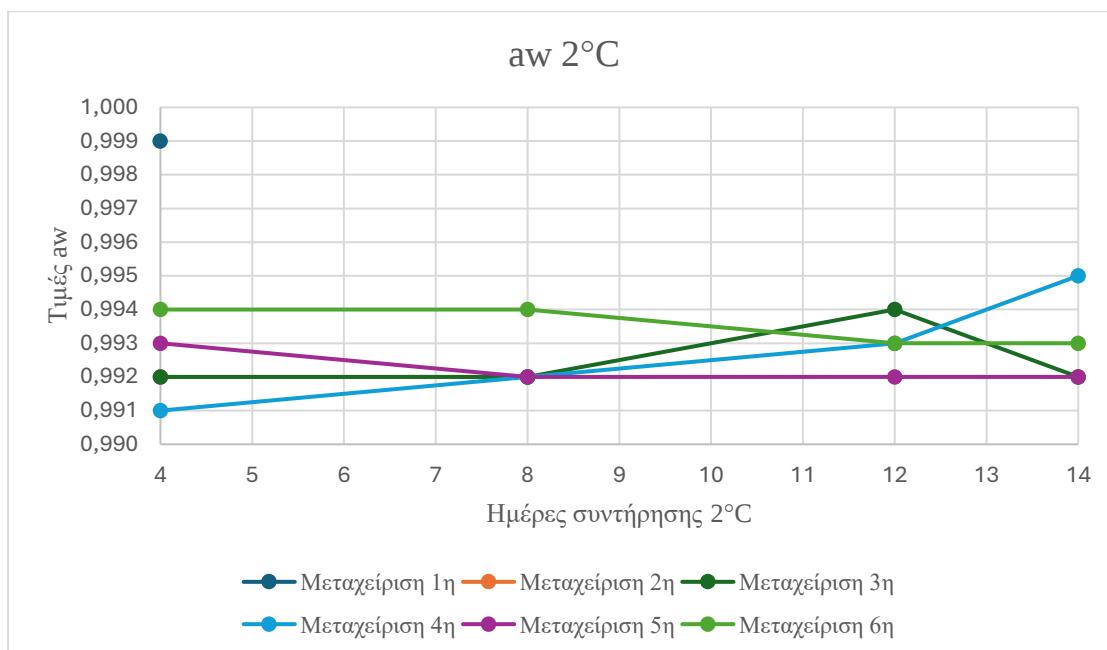
Εικόνα 3.3.2: Μεταβολή του pH για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Όσον αφορά τις μεταβολές για τις μεταχειρίσεις στους 8°C, στα φιλέτα της 1^{ης} Μεταχείρισης (μάρτυρες), η τιμή του pH βρέθηκε ίση με 6,55 την ημέρα απόρριψής

τους (4^η ημέρα). Στα φιλέτα από την 2^η Μεταχείριση (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), η τιμή του pH βρέθηκε ίση με 5,76 (4^η ημέρα) ενώ την ημέρα απόρριψής τους (6^η ημέρα) ήταν 6,17. Αντίστοιχα, στα φιλέτα που προήλθαν από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α), η τιμή του pH έφτασε έως και 5,78 κατά την 4^η ημέρα, ενώ την ημέρα απόρριψής τους (8^η ημέρα) παρατηρήθηκε αύξηση και έφτασε την τιμή 6,64. Στα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες μεταβολές, με την τιμή του pH να είναι ίση με 6,23 κατά την απόρριψή τους (8^η ημέρα). Τα φιλέτα από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) διατήρησαν σταθερό το pH τους, με τις τιμές να κυμαίνονται από 6,09 (4^η ημέρα) έως 6,23 την ημέρα απόρριψής τους (8^η ημέρα). Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) κατά την 2^η ημέρα είχαν τιμή pH ίση με 5,90, ενώ κατά την απόρριψή τους (8^η ημέρα) βρέθηκε ίσο με 5,68.

3.4 Μεταβολές ενεργότητας νερού (a_w)

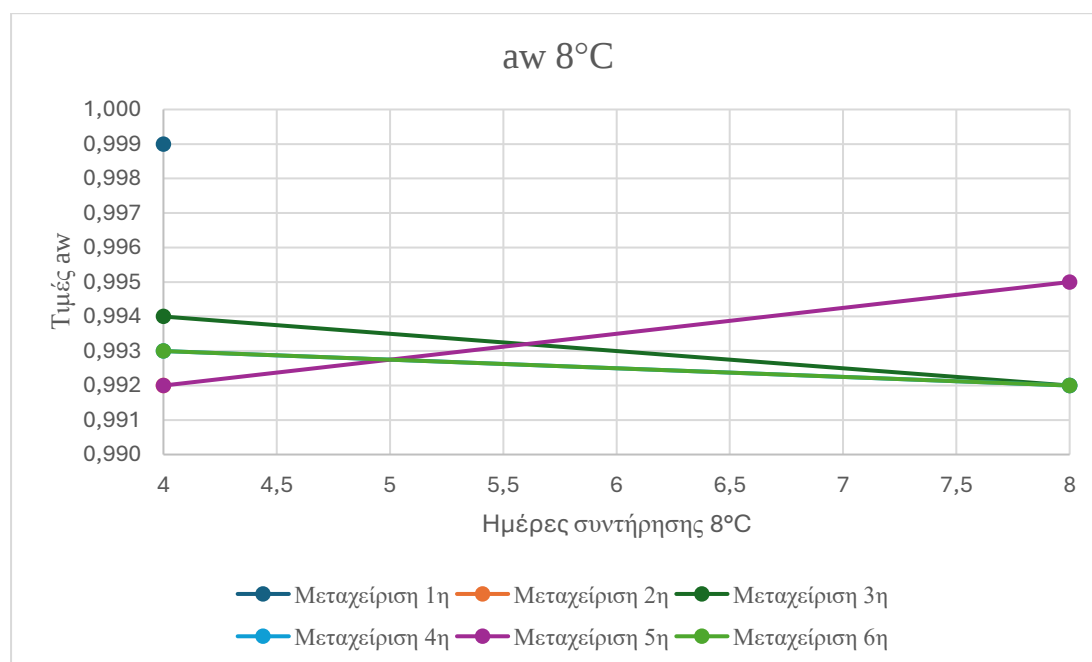
Σε αντίθεση με την μεταβολές του pH, στις τιμές της ενεργότητας νερού δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διακυμάνσεις, τόσο στα φιλέτα που αποθηκεύτηκαν στους 2°C, όσο και στους 8°C. Οι μεταβολές σε κάθε μεταχείριση παρατηρούνται στις παρακάτω Εικόνες (3.4.1-3.4.2)



Εικόνα 3.4.1: Μεταβολή aw για όλες τις μεταχειρίσεις στους 2°C. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Σχετικά με τις μεταχειρίσεις που αποθηκεύτηκαν στους 2°C, η ενεργότητα νερού παρουσίασε πολύ μικρές μεταβολές. Ειδικότερα, για τους μάρτυρες (1^η Μεταχείριση), βρέθηκε ίση με 0,999 κατά την 4^η ημέρα, ενώ για τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), η ενεργότητα νερού ήταν ίση με 0,992. Τα φιλέτα από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α) είχαν ενεργότητα νερού ίση με 0,992 όλες τις μέρες, με εξαίρεση την 12^η ημέρα που υπολογίστηκε 0,994. Στα φιλέτα που προήλθαν από την 4^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), την 4^η μέρα η ενεργότητα νερού ήταν 0,991 ενώ μέχρι την 14^η ημέρα η τιμή της παρουσίασε μια μικρή αύξηση και έφτασε 0,995. Τα φιλέτα της 5^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β) κατά την 4^η ημέρα

είχαν ενεργότητα νερού 0,993, ενώ όλες τις υπόλοιπες ημέρες διατηρήθηκε σταθερή και ίση με 0,992. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) κατά την 4^η και 8^η ημέρα είχαν ενεργότητα νερού ίση με 0,994, ενώ την 14^η ημέρα βρέθηκε ίση με 0,993.



Εικόνα 3.4.2: Μεταβολή aw για όλες τις μεταχειρίσεις στους 8°C. (**Μεταχείριση 1^η:** Μάρτυρας, **Μεταχείριση 2^η:** Φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 3^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α, **Μεταχείριση 4^η:** Φιλέτα με την συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης, **Μεταχείριση 5^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β, **Μεταχείριση 6^η:** Φιλέτα με την συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, και οι μεταχειρίσεις που αποθηκεύτηκαν στους 8°C, παρουσίασαν μικρές μεταβολές στις τιμές της ενεργότητας νερού. Ειδικότερα, για τους μάρτυρες (1^η Μεταχείριση), βρέθηκε ίση με 0,999 κατά την 4^η ημέρα, ενώ για τα φιλέτα της 2^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) την ίδια μέρα, η ενεργότητα νερού ήταν ίση με 0,992, όπως είδαμε και

στους 2°C. Τα φιλέτα που προήλθαν από την 3^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Α) είχαν ενεργότητα νερού ίση με 0,994 την 4^η ημέρα, ενώ την ημέρα απόρριψής τους (8^η ημέρα) ήταν ίση με 0,992. Στα φιλέτα της 4^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Α και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) κατά την 4^η μέρα η ενεργότητα νερού ήταν 0,993 ενώ την μέρα απόρριψής τους (8^η ημέρα) ήταν ίση με 0,992. Τα φιλέτα από την 5^η Μεταχείριση (φιλέτα με την Συνταγή Β) κατά την 4^η ημέρα είχαν ενεργότητα νερού 0,992, ενώ την ημέρα απόρριψής τους (8^η ημέρα) παρουσίασε μία αύξηση και έφτασε 0,995. Τέλος, τα φιλέτα της 6^{ης} Μεταχείρισης (φιλέτα με την Συνταγή Β και επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης) κατά την 4^η ημέρα είχαν ενεργότητα νερού ίση με 0,993, ενώ την 8^η ημέρα, που απορρίφθηκαν, βρέθηκε ίση με 0,992.

4. Συζήτηση

Το χρονικό διάστημα που μπορεί να συντηρηθεί ένα αλιεύμα σε συνθήκες ψύξης, θα επηρεαστεί από διάφορες παραμέτρους (θερμοκρασία, συσκευασία, είδος ιχθύων, αρχικό μικροβιακό φορτίο). Τα αλιεύματα που φέρουν αρχικά πολύ υψηλό μικροβιακό φορτίο και παρουσιάζουν μικρότερη διάρκεια ζωής σε σχέση με εκείνα που φέρουν χαμηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο καθώς το επίπεδο αλλοίωσης τους επέρχεται ταχύτερα (Boziaris & Parlapani 2017). Γενικώς, η άμεση ψύξη των ιχθύων είναι ένας απλός τρόπος που μπορεί να καθυστερήσει τις διεργασίες αλλοίωσης τους (αυτολυτικές, μικροβιολογικές, χημικές). Ωστόσο, οι ιχθύες είναι πολύ ευαλλοιώτα προϊόντα τα οποία αλλοιώνονται αρκετά σύντομα ακόμα και σε θερμοκρασίες ψύξης. Ειδικότερα, ο μέσος χρόνος ζωής σε ένα νωπό φιλέτο τσιπούρας είναι περίπου 5 μέρες, όταν αυτό συντηρείται στους 4°C, ενώ η υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ξεκινάει από την δεύτερη κιόλας ημέρα συντήρησης του (Parlapani et al., 2014).

Ως εκ τούτου, έχουν εφαρμοστεί διάφορες τεχνικές, όπως η συσκευασία υπό βελτιωμένη ατμόσφαιρα με την προσθήκη διαφόρων άλλων αναστολέων, όπως καπνός, αλάτι, μαρινάδα κ.λπ., και η συσκευασία υπό κενό, η οποία αποσκοπεί στη διατήρηση των σπλαχνικών ιδιοτήτων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και στην παράταση της διάρκειας ζωής του φιλέτου. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση εδώδιμων επικαλυμμάτων αλγινικών αλάτων (coatings) σε συνδυασμό ή όχι με δύο συνταγές (Συνταγή Α: αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο σε σκόνη και Συνταγή Β: αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι, λεμόνι), στο μικροβιακό προφίλ και στον εμπορικό χρόνο ζωής φιλέτων κέφαλου αποθηκευμένων υπό ψύξη (4°C και 8°C).

Η αποθήκευση ψαριών σε χαμηλές θερμοκρασίες, ειδικά στον πάγο, αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους συντήρησης (Kyrana et al., 1997). Η

τσιπούρα μπορεί να διατηρηθεί στον πάγο για 15 έως 18 ημέρες, ενώ το λαβράκι για 11 έως 15 ημέρες (Kyrana et al., 1997, Kyrana & Lougovois 2002, Huidobro et al., 2000, Cakli et al., 2007, Parlapani et al., 2014, 2015). Ο σολομός από τη Βόρεια Ευρώπη έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, φτάνοντας περίπου τις 20 ημέρες (Sveinsdottir et al., 2002). Όσον αφορά το είδος *Mugil cephalus*, η διάρκεια ζωής είναι 7 ημέρες στον πάγο (Ninan & Zynudheen, 2014), 7 ημέρες σε θερμοκρασία 3-5°C (Shalaby et al., 2013), και 8 ημέρες σε θερμοκρασία 4±2°C (Çelik et al., 2012).

Η μικροχλωρίδα αλλοίωσης είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που προκαλούν φθορά, επηρεαζόμενη από την επιμόλυνση στα διάφορα στάδια της παραγωγής, τις συνθήκες ανάπτυξης μικροοργανισμών (π.χ. pH, αω, Eh), εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. θερμοκρασία, ατμόσφαιρα), και την επεξεργασία των προϊόντων (Parlapani et al., 2018b). Πρόσφατα, ερευνητές έχουν στραφεί στη χρήση βρώσιμων μεμβρανών και επιστρώσεων για τη συντήρηση των συσκευασμένων τροφίμων. Οι βρώσιμες μεμβράνες δημιουργούνται ξεχωριστά και εφαρμόζονται στο τρόφιμο, ενώ οι επιστρώσεις σχηματίζονται απευθείας στην επιφάνειά του (Cordeiro de Azeredo, 2012). Έρευνες έχουν δείξει ότι και οι δύο μέθοδοι μπορούν να βελτιώσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των συσκευασμένων ψαριών, όταν εφαρμόζονται σωστά.

Πολλοί ερευνητές ασχολούνται με την ενσωμάτωση αντιοξειδωτικών σε βρώσιμες μεμβράνες και διαπιστώνουν ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε επιστρώσεις τροφίμων με ελάχιστη επεξεργασία. Επιπλέον, η ενσωμάτωση τόσο αντιμικροβιακών όσο και αντιοξειδωτικών μπορεί να επιβραδύνει την οξείδωση και τη μικροβιακή αλλοίωση. Ωστόσο, η διαπερατότητα και οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι γενικά χαμηλότερες από τις συνθετικές μεμβράνες, γεγονός που

περιορίζει τη χρήση τους σε ορισμένες εφαρμογές. Περαιτέρω έρευνα μπορεί να ξεπεράσει ορισμένους από αυτούς τους περιορισμούς. Μεμβράνες και επιστρώσεις με βάση πολυσακχαρίτες μπορούν να κατασκευαστούν από κυτταρίνη, άμυλο (φυσικό και τροποποιημένο), παράγωγα πηκτίνης, εκχυλίσματα φυκιών (όπως αλγινικό, καραγενάνη και άγαρ) και χιτοζάνη.

Σύμφωνα με την έρευνα των Costa et al. (2014), η επικάλυψη με αλγινικό νάτριο μπορεί να επεκτείνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής των στρειδιών, φτάνοντας τις 160 ώρες σε σύγκριση με τις 57 ώρες των μη συσκευασμένων στρειδιών. Οι Hamzeh και Rezaei (2012) έδειξαν ότι η επικάλυψη ανέστειλε την ανάπτυξη βακτηρίων και διατήρησε την ποιότητα της ιριδίζουσας πέστροφας, μειώνοντας τη χημική αλλοίωση και βελτιώνοντας τις αισθητηριακές της ιδιότητες. Στην περίπτωση του καπνιστού σολομού, η μελέτη των Kim et al. (2012) ανέδειξε τη μείωση της οξείδωσης των λιπιδίων και των πτητικών αλλαγών. Μικροβιολογικές, χημικές και αισθητηριακές αναλύσεις από την έρευνα των Fang et al. (2009) έδειξαν ότι οι επικαλύψεις βελτίωσαν την ποιότητα και παράτειναν τη διάρκεια ζωής του ασημένιου κυπρίνου κατά την κατάψυξη. Επίσης, η εφαρμογή της επικάλυψης μετά την απόψυξη βελτίωσε την απόδοση της απόψυξης, μείωσε την απώλεια υγρών και βελτίωσε τις παραμέτρους χρώματος στα φιλέτα σολομού Ατλαντικού, σε σύγκριση με την εφαρμογή της πριν από την κατάψυξη. Οι πρωτεϊνικές επικαλύψεις καθυστέρησαν την οξείδωση των λιπιδίων, προσφέροντας καλύτερη προστασία (Rodriguez-Turienzo et al., 2011).

Οι βρώσιμες μεμβράνες με φυτικά εκχυλίσματα μείωσαν την οξείδωση των λιπιδίων και την ανάπτυξη μικροοργανισμών, αν και σε μικρότερο βαθμό, ενώ οι μεμβράνες ζελατίνης-χιτοζάνης μείωσαν πιο αποτελεσματικά τον αριθμό των μικροοργανισμών. Ο συνδυασμός βρώσιμων μεμβρανών και υψηλής πίεσης μπορεί

να προσφέρει τόσο προστασία από την οξείδωση όσο και αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης. Η επίδραση της επικάλυψης και της μεμβράνης ζελατίνης-χιτοζάνης στη διατήρηση της ποιότητας των φιλέτων ιριδίζουσας πέστροφας κατά την ψύξη ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) μελετήθηκε για 16 ημέρες, με τα αποτελέσματα να δείχνουν ότι οι επικάλυψεις διατήρησαν καλύτερα χαρακτηριστικά ποιότητας και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των ψαριών. Η ενσωμάτωση λιπιδίων σε βρώσιμες μεμβράνες βελτίωσε χαρακτηριστικά όπως η υδροφοβικότητα, η ευελιξία και η φραγή στην υγρασία, συμβάλλοντας στη διατήρηση της φρεσκάδας, του αρώματος, του χρώματος και της μικροβιολογικής σταθερότητας των θαλασσινών (Mahmood et al., 2017).

Σύμφωνα με την έρευνα των Wang et al. (2017), η προσθήκη αμύλου στις βρώσιμες μεμβράνες ζελατίνης αύξησε το πάχος, τη διαφάνεια και τη μηχανική αντοχή των μεμβρανών. Η διαλυτότητα αυτών των μεμβρανών μειώθηκε και η δομή βελτιώθηκε, αυξάνοντας έτσι το φάσμα των εφαρμογών στα τρόφιμα. Τα ίδια αποτελέσματα βρέθηκαν και από τους Fakhoury et al. (2012), όταν μελέτησαν τις ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών που προέρχονταν από μίγματα άμυλου μανιόκας και ζελατίνης. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι καθώς αυξανόταν η περιεκτικότητα σε ζελατίνη, η διαπερατότητα σε υδρατμούς, η υδατοδιαλυτότητα, το πάχος της μεμβράνης και η μηχανική αντοχή της μεμβράνης αυξάνονταν και η αδιαφάνεια μειωνόταν. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις αμύλου αυξάνουν το πάχος της μεμβράνης και βελτιώνουν τις μηχανικές της ιδιότητες.

Σχετικά με τις ιδιότητες των βρώσιμων μεμβρανών επικάλυψης που προέρχονται από μίγματα αμύλου και ζελατίνης, οι Dang et al. (2016) διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή επικάλυψης με βάση το οξειδωμένο άμυλο αραβοσίτου και τη

ζελατίνη σε καλλιέργεια ελαιοκράμβης οδήγησε σε αύξηση του ποσοστού επιβίωσης και της απόδοσης των φυτών, καθιστώντας την κατάλληλη για γεωργική χρήση. Η συγκεκριμένη μεμβράνη παρουσίασε εξαιρετικές ιδιότητες απορρόφησης και διατήρησης του νερού, οι οποίες ικανοποιούν τις βασικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη των φυτών.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η ζελατίνη είναι ικανή να σχηματίσει ένα πολυμερές δίκτυο με λιγότερη διαπερατότητα ατμών και αερίων σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου και αυτό διαφέρει από τις λειτουργικές ιδιότητες πολλών επικαλύψεων πρωτεϊνών, οι οποίες είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές στην παρεμπόδιση της διαπερατότητας οξυγόνου, αλλά εμποδίζουν τη διαπερατότητα του νερού (Hassan et al., 2018). Για παράδειγμα, όταν μελετήθηκαν οι ιδιότητες εδωδιμων μεμβρανών επικάλυψης που προερχόταν από διαλύματα υψηλής συγκέντρωσης αμύλου μπιζελιού βρέθηκε ότι δεν είχαν καμία επίδραση στην απώλεια βάρους δειγμάτων φρούτων μπανάνας (Chong et al., 2022). Αντίθετα, όταν εξετάστηκαν βρώσιμες μεμβράνες επικάλυψης από μείγμα αμύλου μανιόκας και πρωτεΐνης σόγιας, παρατηρήθηκε ότι σχηματίστηκε ένα πυκνό δίκτυο μεταξύ των μορίων της πρωτεΐνης και του αμύλου, ο ελεύθερος όγκος ελαχιστοποιήθηκε, εμποδίζοντας έτσι τη διάχυση του νερού και μειώνοντας τη διαπερατότητα (Akbari et al., 2007). Με βάση άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, η ικανότητα του άμυλου ρυζιού να δημιουργεί μεμβράνες είναι παρόμοια με αυτή της γλυκερόλης και για αυτό το λόγο τα εκάστοτε μίγματα τους με ζελατίνη δημιουργούν ομοιογενείς και παχύρρευστες επικαλύψεις (Tiozon et al., 2021).

Οι Shiyuan και Fang et al. (2019) απέδειξαν τις αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των μεμβρανών από λιναρόσπορο και αλγινικό νάτριο με προσθήκη καρβακρόλης, οι οποίες συνέβαλαν στη διατήρηση του λαβρακιού

της Κίνας (*Lateolabrax maculatus*) κατά την ψύξη. Παρόμοια, οι Neira et al. (2019) χρησιμοποίησαν καρβακρόλη και τα αποτελέσματά τους υπογράμμισαν τη σημασία της ως δραστικού παράγοντα για τα συσκευασμένα τρόφιμα. Οι Gomez-Estaca et al. (2009) εξέτασαν το αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου ως φυσικό αντιμικροβιακό πρόσθετο σε βρώσιμα филм με βάση τη ζελατίνη ψαριού ή συνδυασμό ζελατίνης ψαριού και χιτοζάνης. Αν και οι μεμβράνες ζελατίνης και ζελατίνης-χιτοζάνης δεν εμφάνισαν αντιβακτηριακή δράση, πολλές μελέτες δείχνουν ότι τα филм χιτοζάνης είναι αποτελεσματικά ως αντιμικροβιακοί παράγοντες (Gomez-Estaca et al., 2009), αν και τα αποτελέσματα ποικίλουν λόγω διαφορετικών πειραματικών διαδικασιών. Συγκεκριμένα, οι Zivanovic et al. (2005) ανακάλυψαν ότι ένα филм χιτοζάνης δεν ανέστειλε το *L. monocytogenes* και το *E. coli* in vitro, αλλά παρουσίασε μείωση 1-2 log όταν εφαρμόστηκε σε φιλέτα ψαριού. Το αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου έδειξε ισχυρή αντιμικροβιακή δράση, τόσο κατά παθογόνων όσο και άλλων μικροοργανισμών, και διατήρησε αυτή τη δράση όταν ενσωματώθηκε σε βρώσιμες μεμβράνες, αν και υπήρχαν κάποιες διαφορές. Οι Martinez et al. (2018) μελέτησαν την επίδραση της ρεσβερατρόλης και των βρώσιμων филм από χιτοζάνη και αλγινικό νάτριο στην ποιότητα φιλέτων καπνιστού λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), ενώ οι Parreidt et al. (2018) δημιούργησαν ένα μείγμα δύο υγρών καπνών, εκ των οποίων το ένα εμφάνισε αντιβακτηριακές ιδιότητες, αλλά με απώλεια στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Το κατάλληλο μείγμα υγρού καπνού και αλατιού βελτίωσε σημαντικά την υγιεινή ποιότητα.

Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση δείχνει πως η αντιμικροβιακή δράση των εκχυλισμάτων μπαχαρικών δεν είναι ασυνήθιστη. Η οικογένεια *Piper* είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις όπως αμίδια, αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, τανίνες,

σαπωνίνες, γλυκοζίτες, τερπενοειδή και φαινολικές ενώσεις έχουν αναφερθεί ευρέως ότι υπάρχουν στους σπόρους, τα φύλλα και το φλοιό του στελέχους των ειδών *Piper*. Η φαρμακολογική δραστηριότητα των στεροειδών, των τερπενίων, των χαλκονίων, των διυδροχαλκονίων και των αιθέριων ελαίων των ειδών *piper* υποδεικνύει τη δυνατότητα λειτουργίας τους ως βιοδραστικών ή/και φαρμακευτικών συστατικών.

Αντίστοιχα, όσον αφορά την ρίγανη, το αιθέριο έλαιό της περιέχει σημαντική συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων, γεγονός που επιβεβαιώνει την αντιοξειδωτική του ικανότητα, σύμφωνα με μελέτες των Olmedo et al. (2015) και Dambolena et al. (2011). Λόγω του υψηλού αντιοξειδωτικού τους δυναμικού και της πτητικότητάς τους, έχουν διερευνηθεί διαδικασίες μικροενθυλάκωσης των ελαίων για τη μείωση της απώλειας αυτών των σημαντικών συστατικών. Επιπλέον, η προστασία από ένα πολυμερές τοίχωμα συμβάλλει στην πρόληψη χημικών και οργανικών αλλαγών που μπορεί να προκύψουν κατά την αποθήκευση (Leimann et al. 2009).

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, οι βρώσιμες επικαλύψεις αλγινικών αλάτων, γλυκερόλης σε συνδυασμό με τις Συνταγές Α και Β αντίστοιχα, ήταν αποτελεσματικότερες σε σχέση με τις μεμβράνες που περιείχαν μόνο αλγινικά άλατα και γλυκερόλη όσον αφορά τον πληθυσμό των μικροοργανισμών αλλοίωσης. Παρατηρείται δηλαδή η σταδιακή μείωση του μέσου όρου της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας από τον μάρτυρα (μεταχείριση 1^η) στην 4^η και 6^η Μεταχείριση (Συνταγή Α και Β με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης αντίστοιχα) πράγμα που μπορεί να οφείλεται στις αντιμικροβιακές ιδιότητες των συστατικών του. Όσον αφορά τις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ της Συνταγής Α (αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο) και της Συνταγής Β (αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι, λεμόνι), αυτές μπορεί να οφείλονται στην αντιοξειδωτική δράση των συστατικών που εμπεριέχουν.

Ειδικότερα, και στις δύο έχει προστεθεί αλάτι το οποίο βελτιώνει την ποιότητα του τροφίμου. Στην Συνταγή Α έχει προστεθεί ρίγανη, η οποία όπως αναφέρθηκε παραπάνω παρουσιάζει σημαντική αντιοξειδωτική δραστηριότητα, ενώ στην Συνταγή Β προστέθηκε λεμόνι, το οποίο αφενός κάνει το τρόφιμο πιο όξινο, με αποτέλεσμα να εμφανίζει χαμηλότερη τιμή pH, και αφετέρου λειτουργεί ως ένα πολύ καλό αντιοξειδωτικό και με σημαντικές αντιμικροβιακές ιδιότητες στο τρόφιμο.

Ο επικρατέστερος αλλοιωγόνος μικροοργανισμός παρατηρήθηκε πως είναι οι ψευδομονάδες, σύμφωνα με τον αριθμό των αποικιών τους, πράγμα που οφείλεται στο γεγονός ότι οι θερμοκρασίες ψύξης βρίσκονται εντός του εύρους των πιθανών θερμοκρασιών ανάπτυξης. Η ταχύτερη αύξηση των ψευδομονάδων στους 8°C σε σύγκριση με τους 2°C συνάδει με τη γνωστή φύση αυτών των βακτηρίων, τα οποία ευδοκιμούν σε μετρίως χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά όχι σε εξαιρετικά ψυχρές συνθήκες. Οι ψευδομονάδες είναι γνωστές για την ικανότητά τους να αναπτύσσονται γρήγορα σε ψυχρόφιλα προϊόντα, ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες γύρω στους 8°C, όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για τον πολλαπλασιασμό τους. Τα υψηλότερα επίπεδα που παρατηρήθηκαν στις Μεταχειρίσεις 1, 2, 3, και 6 μπορούν να αποδοθούν στη μειωμένη μικροβιοστατική δράση των χαμηλότερων θερμοκρασιών και πιθανώς στη χαμηλότερη επίδραση των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων των συνταγών ή της εδωδίμης μεμβράνης υπό αυτές τις συνθήκες. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, οι ψευδομονάδες έχουν την τάση να κυριαρχούν μικροβιακά σε τρόφιμα αποθηκευμένα σε θερμοκρασίες κοντά στους 8°C, οδηγώντας σε αλλοίωση του προϊόντος και σε ανεπιθύμητες οργανοληπτικές αλλαγές (González-Rodríguez et al., 2021, Gram et al., 2019).

Ο μέσος όρος των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων παρέμεινε σχετικά σταθερός και παρουσίασε μικρή μείωση από τον μάρτυρα (1^η Μεταχείριση) στην 4^η και 6^η Μεταχείριση (Συνταγή Α και Β με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης αντίστοιχα).

Η αύξηση των οξυγαλακτικών βακτηρίων στους 2°C σε σύγκριση με τους 8°C μπορεί να αποδοθεί στην ψυχρόφιλη φύση αυτών των μικροοργανισμών. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια είναι ικανά να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, καθώς αυτές οι συνθήκες καταστέλλουν την ανάπτυξη των περισσότερο αλλοιογόνων μικροοργανισμών και επιτρέπουν την επικράτηση των ψυχρόφιλων ειδών. Αυτό το φαινόμενο είναι σύνηθες στα προϊόντα που αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπου η μικροβιακή αλλοίωση καθοδηγείται συχνά από οξυγαλακτικά βακτήρια. Επιπλέον, η χρήση συνταγών με μπαχαρικά όπως η ρίγανη, το σκόρδο, και το τσίλι μπορεί να ασκήσει αντιμικροβιακή δράση, χωρίς όμως να εμποδίζει την ανάπτυξη των ψυχρόφιλων βακτηρίων σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, οι χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν την ανάπτυξη συγκεκριμένων ομάδων βακτηρίων, όπως τα οξυγαλακτικά, κυρίως λόγω της μειωμένης ανταγωνιστικότητας από άλλα βακτήρια που δεν αντέχουν σε τέτοιες συνθήκες (Zhao et al., 2022, Li et al., 2020).

Επομένως, οι εδώδιμες επικαλύψεις επιβραδύνουν τους ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση, και κυρίως των οξυγαλακτικών βακτηρίων, σε συνδιασμό με αλγινικό νάτριο 1,5% w/v, με γλυκερόλη 10%. Μπορεί να καθυστερήσει και ο ρυθμός με τον οποίο αναπτύσσονται τα υδροθειοπαραγωγά βακτήρια, πράγμα που έχει ως επακόλουθο την μείωση της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων συμφωνούν με τα ευρήματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης, επιβεβαιώνοντας

την υπεροχή της 4^{ης} και 6^{ης} Μεταχείρισης (Συνταγή Α και Β με επικάλυψη εδώδιμης μεμβράνης), όταν τα προϊόντα αποθηκεύτηκαν στους 2°C. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η μικροβιακή αλλοίωση και η τελική οργανοληπτική απόρριψη καθυστέρησαν σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι τα τρόφιμα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε αλλοιώσεις από παθογόνους και αλλοιωγόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να αναπτυχθούν υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Για να αποτραπεί η μόλυνσή τους, είναι απαραίτητη η τήρηση των κανόνων ορθής υγιεινής πρακτικής, όπως το πλύσιμο και η απολύμανση των χεριών, καθώς και η χρήση καθαρών αντικειμένων. Οι πρώτες ύλες πρέπει να προέρχονται από αξιόπιστους προμηθευτές και να διαχωρίζονται από τα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα κατά την παραλαβή, μεταφορά και αποθήκευση. Τα τρόφιμα πρέπει να φυλάσσονται σε χώρους προστατευμένους από μόλυνση, ενώ οι χώροι αποθήκευσης και επεξεργασίας, καθώς και τα σκεύη, πρέπει να απολυμαίνονται τακτικά. Τέλος, το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των χεριών και των σκευών πρέπει να είναι καθαρό και πόσιμο.

Επομένως, δύο θεωρούνται ως οι «βασικότεροι» στόχοι που θα εξασφαλίσουν την ασφάλεια ενός νέου τροφίμου. Αρχικά, είναι η έρευνα νέων τεχνολογιών και η ανάπτυξη των υφιστάμενων, ώστε τα προϊόντα να είναι κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, η δεύτερη είναι η λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων όσον αφορά τις συνθήκες υγιεινής, αποθήκευσης, προετοιμασίας και επεξεργασίας, ώστε τα τρόφιμα να μπορούν να καταναλώνονται με ασφάλεια χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία.

5. Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, εξετάστηκε η επίδραση των εδώδιμων μεμβρανών αλγινικών αλάτων μόνα τους και σε συνδυασμό με δύο διαφορετικές συνταγές (Συνταγή Α: αλάτι, πιπέρι, ρίγανη, σκόρδο σε σκόνη, Συνταγή Β: αλάτι, πιπέρι καγιέν, τσίλι, λεμόνι) στον εμπορικό χρόνο ζωής και στο μικροβιακό προφίλ σε φιλέτα κέφαλου αποθηκευμένα στους 2°C και 8°C. Παράλληλα εξετάστηκαν και οι πληθυσμοί της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των υδροθειοπαραγωγών, εντεροβακτηριοειδών και οξυγαλακτικών βακτηρίων, καθώς και οι πληθυσμοί ζύμων-μυκήτων, οι οποίοι επηρεάζουν τη διάρκεια συντήρησής τους και αποτελούν κριτήρια αξιολόγησής του χρόνου ζωής. Σύμφωνα με τα παραπάνω καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα:

Ο χρόνος ζωής σκέτων φιλέτων *Mugil cephalus* δεν ξεπερνά τις 6 και 4 ημέρες, κατά την αποθήκευσή τους στους 2°C και 8°C βαθμούς, αντίστοιχα, ενώ όταν τα φιλέτα επικαλύπτονται με εδώδιμες μεμβράνες αλγινικών αλάτων ο χρόνος ζωής τους μπορεί να φτάσει τις 10 και 8 ημέρες, κατά την αποθήκευσή τους στους 2°C και 8°C βαθμούς, αντίστοιχα. Τα συμπεράσματα αυτά προέκυψαν μετά από την οργανοληπτική αξιολόγηση των φιλέτων, για την κάθε μεταχείριση.

Η επίδραση των Συνταγών Α και Β σε συνδυασμό με την επικάλυψη εδώδιμων μεμβρανών και την αποθήκευση στους 2°C είχε ευεργετική επίδραση σε όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν, ενώ επίσης βελτιώθηκαν και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να επιμηκυνθεί ο εμπορικός χρόνος ζωής έως και 16 ημέρες.

Παρατηρήθηκε καθυστέρηση στην αύξηση μικροβιακών πληθυσμών για τα φιλέτα που εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα αλγινικών αλάτων σε συνδυασμό με την Συνταγή Β

και αποθηκεύτηκε στους 2°C, σε σχέση με το αν εμβαπτιστεί σε διάλυμα που περιέχει μόνο τα αλγινικά άλατα ή μόνο ο μάρτυρας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στα εκχυλίσματα του πιπεριού καγιέν, της Συνταγής B, και στην μερικώς ανασταλτική δράση που έχει, έναντι παθογόνων τροφιμογενών βακτηρίων, καθώς και στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες που παρουσιάζει το λεμόνι.

Σχετικά με το pH των φιλέτων κεφαλου, παρουσιάστηκαν ορισμένες αυξομειώσεις στην τιμή του κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των φιλέτων. Το pH των δειγμάτων για τα δείγματα όπου εφαρμόστηκαν η Συνταγή B παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές σε σχέση με την Συνταγή A, λόγω της όξινης δράσης του λεμονιού. Οι αυξομειώσεις της τιμής του pH για τις μεταχειρίσεις που αποθηκεύτηκαν στους 2°C είναι πιθανόν να οφείλονται στην παραγωγή οξέων εξαιτίας της αναερόβιας δραστηριότητας. Όσον αφορά τις μεταχειρίσεις με τις Συνταγές A και B, το αλάτι που περιείχαν μπορεί να μειώσει τη δραστηριότητα του νερού, ενώ και οι δύο Συνταγές μπορούν να επιβραδύνουν την μικροβιακή ανάπτυξη. Στις μεταχειρίσεις με τις επικαλύψεις εδώδιμων μεμβρανών αλγινικών αλάτων δημιουργήθηκε ένα προστατευτικό φράγμα όπου μείωσε την διαπερατότητα του οξυγόνου. Οι μεταχειρίσεις που αποθηκεύτηκαν στους 8°C παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση λόγω της μικροβιακής αλλοίωσης αλλά και της έντονης μικροβιακής δραστηριότητας, ενώ δεν επαρκούσε η δράση των δύο συνταγών για την αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών.

Όσον αφορά την aw των φιλέτων κεφαλου, παρέμεινε σχεδόν σταθερή σε όλες τις μεταχειρίσεις, τόσο κατά την αποθήκευση τους στους 2°C όσο και στους 8°C. Αυτό μπορεί να οφείλεται αφενός στην επίδραση των αλγινικών αλάτων και στην χαμηλή διαπερατότητα σε υγρασία που προσδίδουν στις μεταχειρίσεις, αφετέρου στην αποθήκευση όλων των μεταχειρίσεων σε σταθερή θερμοκρασία με αποτέλεσμα την αποφυγή μεταβολών σχετικά με την περιεκτικότητα τους σε νερό.

Συμπερασματικά, η χρήση εδωδιμων μεμβρανών αλγινικών αλάτων και γλυκερόλης σε φιλέτα *Mugil cephalus*, και σε συνδυασμό με τις Συνταγές που αναφέρθηκαν, είχε ως αποτέλεσμα την παράταση του χρόνου ζωής και την καθυστέρηση της ανάπτυξης μικροοργανισμών, χωρίς να αλλοιώσει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Η μέθοδος αυτή είναι μια οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης (συσκευασία υπό κενό και τροποποιημένη ατμόσφαιρα). Εκτός από βιοδιασπώμενες, οι βρώσιμες μεμβράνες συμβάλλουν επίσης στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, καθώς αυξάνουν τη μικροβιολογική σταθερότητα των ψαριών, μειώνουν τα απόβλητα και καθυστερούν την οξείδωση των λιπιδίων.

Πρόκειται, λοιπόν, για μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο στον τομέα της συντήρησης των τροφίμων, ενώ η έρευνα για τη χρήση αντιμικροβιακών υλικών συσκευασίας σε εφαρμογές νωπών ψαριών έχει αναπτυχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και θα συνεχίσει να αναπτύσσεται στο μέλλον.

6. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. **Abebe, Z., Tola, Y. B., & Mohammed, A. (2017).** Effects of edible coating materials and stages of maturity at harvest on storage life and quality of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) fruits. *African journal of agricultural research*, 12(8), 550-565.
2. **Akbari, Z., Ghomashchi, T., Moghadam, S. (2007)** Improvement in food packaging industry with biobased nanocomposites. *International Journal of Food Engineering*, 3(4). 569-578.
3. **Anagnostopoulos, D. A., Parlapani, F. F., & Boziaris, I. S. (2022).** The evolution of knowledge on seafood spoilage microbiota from the 20th to the 21st century: Have we finished or just begun? *Trends in Food Science & Technology*, 120, 236-247.
4. **Argyropoulou V., Kalogeropoulos N., Alexis M. (1992).** Effect of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (*M cephalus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 101A (1), 129-135.
5. **Athanassopoulou F., Billinis C., Prapas Th. (2004).** Important disease conditions of new cultured species (*Acipenser gueldenstaedi*, *Mugil* sp., *Dicentrarchus labrax*, *Silurus* sp. and *Tilapia* sp) in intensive freshwater farming conditions in Greece: First incidence of Noda virus infection in *Acipenser* sp. *Dis. Aquat. Org*, In press.
6. **Barbosa-Cánovas, G. V., & Vega-Mercado, H. (1996).** *Dehydration of foods*. Springer Science & Business Media.
7. **Bautista-Hernández, I., et al. (2021).** "Phenolic Composition and Biological Activities of Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) and Greek Oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*)."
Plants, 10(2), 318.
8. **Behera, S. S., Elangovan, A., & Sahu, J. K. (2023).** Edible films and coatings: A potential source for improving food shelf-life and safety. *Frontiers in Nutrition*, 10, 101234
9. **Beuchat, L. R., Brackett, R. E., & Doyle, M. P. (1994).** Lethality of carrot juice to *Listeria monocytogenes* as affected by pH, sodium chloride and temperature. *Journal of food protection*, 57(6), 470-474.

10. **Biedermann-Brem, S., Biedermann, M., & Grob, K. (2016).** Required barrier efficiency of internal bags against the migration from recycled paperboard packaging into food: a benchmark. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33(4), 725-740.
11. **Block, E. (1992).** "The Chemistry of Garlic and Onions." *Scientific American*, 252(3), 114-119
12. **Boziaris, I. S., & Parlapani, F. F. (2017).** Specific spoilage organisms (SSOs) in fish. In *The microbiological quality of food* (pp. 61-98). Woodhead Publishing.
13. **Cakli, S., Kilinc, B. E. R. N. A., Cadun, A., Dincer, T., & Tolasa, S. (2007).** Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. *Food Control*, 18(5), 391-397.
14. **Cardona L., Castello O.F. (1997).** Weight loss of starved thick lipped grey mullet yearlings at different salinities. *Riv. Ital. Aquacolt.* 28 (1), 13-16.
15. **Çelik U., Altınelataman C., Dinçer T., Acarlı D. (2012)** Comparison of Fresh and Dried Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus 1758) Caviar by means of Proximate Composition and Quality Changes during Refrigerated Storage at 4±2°C *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 1-5
16. **Chassagne, F., Samarakoon, T., Porras, G., Lyles, J. T., Dettweiler, M., Marquez, L., Salam, A. M., Shabih, S., Farrokhi, D. R., & Quave, C. L. (2021).** A systematic review of plants with antibacterial activities: A taxonomic and phylogenetic perspective. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 659
17. **Chen H., Wang J., Cheng Y., Wang C., Liu H., Bian H., Pan Y., Sun J., Han W. (2019)** Application of protein-based films and coatings for food packaging: A review. *Polymers*, 11, 2039.
18. **Cheng H., Xu H., McClements D.J., Chen L., Jiao A., Tia Y., Miao, M., Jin Z. (2022)** Recent advances in intelligent food packaging materials: Principles, preparation and applications. *Food Chemistry*, 75, 131738.
19. **Chisenga S.M., Tolesa G.N., Workneh T.S. (2020)** Biodegradable Food Packaging Materials and Prospects of the Fourth Industrial Revolution for Tomato Fruit and Product Handling. *Int. J. Food Sci.*, 8879101.

20. **Chong K.Y., Su-Ling Brooks M. (2022)** Development of pea protein-based films and coatings with haskap leaf extracts *Applied Food Research Volume 2*, Issue 1.
21. **Costa, C., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2014).** Effective preservation techniques to prolong the shelf life of ready-to-eat oysters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), 2661-2667.
22. **Cruz, A. I. C., Costa, M. D. C., Mafra, J. F., Ferreira, M. A., Miranda, F. M., Costa, J. A., Watanabe, Y. N., Ribeiro, P. R., Araujo, F. M., & Evangelista-Barreto, N. S. (2021).** A sodium alginate bilayer coating incorporated with green propolis extract as a powerful tool to extend *Colossoma macropomum* fillet shelf-life. *Food Chemistry*, 355, 129610.
23. **Dalgaard, P. (1995).** Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish. *International Journal of Food Microbiology*, 26(3), 305-317.
24. **Dalgaard, P. (1995).** Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. *International journal of food microbiology*, 26(3), 319-333.
25. **Dalgaard, P., Gram, L., & Huss, H. H. (1993).** Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. *International journal of food microbiology*, 19(4), 283-294.
26. **Dambolena, J. S., Zygodlo, J. A., & Rubinstein, H. R. (2011).** Antifumonisin activity of natural phenolic compounds: a structure–property–activity relationship study. *International journal of food microbiology*, 145(1), 140-146.
27. **Dang X, Shan Z & Chen H. (2016)** The preparation and applications of one biodegradable liquid film mulching by oxidized corn starch–gelatin composite. *Biotechnol Appl. Biochem.*, 180, 917–929.
28. **de Azeredo, H. M. C. (2012).** 14 Edible Coatings. *Advances in fruit processing technologies*, 345.
29. **Dimitriou E., Rogdakis I., Leonardos I., Äthanassopoulos A. (1994).** The quality and quantity synthesis of fishery products from the lagoon of Mesolonghi- Etoliko as an index of management. *Fishing News*, 155, 45-48.

30. **Dorsch K. (1997).** The behaviour of mugilidae at different conditions of intensive aquaculture. Thesis, Hamburg Univ. Fachber. Biologie, 105p.
31. **Earnshaw, R. (1996).** High pressure food processing. *Nutrition & Food Science*, 96(2), 8-11.
32. **El Ghobashy A., Omar E., Nour A.E.A. (1996).** Effect of supplementary feeding on survival rate, growth performance and yield of four marine fish species. Proceedings of the 1st Intern. Symposium on Aquaculture Technology and Investment Opportunities, Riyadh, 11-14/4/93. 537-549.
33. **El Sayed A.F. (1991).** Protein requirements for optimum growth of *Liza ramada* fry (Mugilidae) at different water salinities. *Aquat. Living Resour.* 4, 117-123.
34. **Embuscado, M. E., & Huber, K. C. (2009).** *Edible films and coatings for food applications* (Vol. 9, pp. 169-208). New York, NY, USA:: Springer.
35. **Erdem, B. G., Dıblan, S., & Kaya, S. (2021).** A comprehensive study on sorption, water barrier, and physicochemical properties of some protein- and carbohydrate-based edible films. *Food Bioprocess Technology*, 14, 2161–217
36. **European Commission. (1995).** Commission Decision of 8 March 1995 Fixing the Levels of Certain Heavy Metals in Foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, L 78, 1995, pp. 9-11.
37. **European Commission. (2009).** Scientific committee on emerging and newly identified health risks. Assessment of the antibiotic resistance effects of biocides.
38. **Fakhoury F.M., Martelli S.M., Bertan L.C., Yamashita F., Mei L.H.I., Queiroz F.P.C. (2012)** Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT*, 49,149–154.
39. **Fang S., Zhou Q., Hu Y., Liu F., Mei J., Xie J. (2019)** Antimicrobial Carvacrol Incorporated in Flaxseed Gum-Sodium Alginate Active Films to Improve the Quality Attributes of Chinese Sea bass (*Lateolabrax maculatus*) during Cold Storage. *Molecules* 2019.24(18) 3292.
40. **Gómez-Estaca, J., Giménez, B., Montero, P., & Gómez-Guillén, M. C. (2009).** Incorporation of antioxidant borage extract into edible films based on sole skin gelatin or a commercial fish gelatin. *Journal of Food Engineering*, 92(1), 78-85.

41. **González-Rodríguez, M. N., Fernández, L., & Barros-Velázquez, J. (2021).** The role of pseudomonads in the spoilage of refrigerated seafood: Microbiological dynamics and spoilage potential. *Journal of Food Protection*, 84(2), 320-328.
42. **Gorczyca, E., & Len, P. P. (1985).** Mesophilic spoilage of bay trout (*Arripis trutta*), bream (*Acanthopagrus butchri*) and mullet (*Aldrichetta forsteri*). *Spoilage of tropical fish and product development, FAOFish. Rep. (317) Suppl*, 123-132.
43. **Gould, M. N. (1997).** "Cancer Chemoprevention and Therapy by Monoterpenes." *Environmental Health Perspectives*, 105(Suppl 4), 977-979.
44. **Gram, L. (1992).** Evaluation of the bacteriological quality of seafood. *International Journal of Food Microbiology*, 16(1), 25-39.
45. **Gram, L., & Dalgaard, P. (2002).** Fish spoilage bacteria—problems and solutions. *Current opinion in biotechnology*, 13(3), 262-266.
46. **Gram, L., Dalgaard, P., & Huss, H. H. (2019).** Pseudomonas spp. spoilage and the significance in refrigerated seafood. *International Journal of Food Microbiology*, 141(1), 36-48.
47. **Gram, L., & Huss, H. H. (1996).** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology*, 33(1), 121-137.
48. **Gram, L., (1993).** Inhibition effect against pathogenic and spoilage bacteria of Pseudomonas strains isolated from spoiled and fresh fish. *Applied Environmental Microbiology*, 16: 25-39.
49. **Gram, L., Trolle, G., Huss, H.H. (1987).** Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. *International Journal of Food Microbiology* 4, 65-72.
50. **Gram, L., Wedell-Neergaard, C., Huss, H. H. (1990).** The bacteriology of fresh and spoiling Lake Victorian Nile perch (*Lates niloticus*). *International Journal of Food Microbiology* 10, 303-316.
51. **Guerrini S., Borreani G., Voojis H. (2017)** Biodegradable materials in agriculture: case histories and perspectives in Soil Degradable Bioplastics for Sustainable Modern Agriculture, 35–65, Springer.
52. **Guilbert S. (1986)** "Technology and Application of edible protective films," in *Food Packaging and preservation: theory and practice*, New York, Elsevier Applied Science Publishers, pp. 371-394.

53. **Hamzeh, A., & Rezaei, M. (2012).** The effects of sodium alginate on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored at 4±2 C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(1), 14-21.
54. **Hassan B., Chatha S.A.S., Hussain A.I., Zia K.M., Akhtar N. (2018)** Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 109, 1095–1107.
55. **Hotos GN, Vlahos N (1998).** Salinity tolerance of *M. cephalus* and *Chelon labrosus* fry in experimental condition. *Aquaculture* 167, 329-338
56. **Huidobro, A., Pastor, A., & Tejada, M. (2000).** Quality index method developed for raw gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Journal of Food Science*, 65(7), 1202-1205.
57. **Huss, H. H., Jeppesen, V. F., Johansen, C., & Gram, L. (1995).** Biopreservation of fish products—a review of recent approaches and results. *Journal of aquatic food product technology*, 4(2), 5-26.
58. **in't Veld, J. H. H. (1996).** Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview. *International journal of Food microbiology*, 33(1), 1-18.
59. **Jeepipalli, S. P. K., Boya, M., Laxman, S. K., et al. (2022).** Review on antimicrobial mechanisms of spices-essential oil constituents. *Journal of Food Microbiology*, 6(5), 122.
60. **Jeevahan J., Chandrasekaran M., Durairaj R., Mageshwaran G., Joseph G. B. A (2017)** brief review on edible food packing materials. *Journal of Global Engineering Problems and Solutions*, 1, 9–19.
61. **Jiang, L., Jia, F., Han, Y., Meng, X., Xiao, Y., & Bai, S. (2021).** Development and characterization of zein edible films incorporated with catechin/β-cyclodextrin inclusion complex nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 261, 117877
62. **Jones, J. M. (2019).** Food processing: criteria for dietary guidance and public health? *Proceedings of the Nutrition Society*, 78(1), 4-18.
63. **Katsonias G. (1984).** The Mesolonghi- Etoliko lagoon in Greece: socioeconomic and ecological interactions of cooperative and independent fisherman. In: Management
64. **Kawahara, M., & Kato-Negishi, M. (2011).** Link between aluminum and the pathogenesis of Alzheimer' s disease: the integration of the aluminum

- and amyloid cascade hypotheses. *International journal of Alzheimer's disease*, 2011(1), 276393.
65. **Kester, J. J., & Fennema, O. (1989).** An edible film of lipids and cellulose ethers: barrier properties to moisture vapor transmission and structural evaluation. *Journal of Food Science*, 54(6), 1383-1389.
 66. **Kester, J. J., & Fennema, O. (1989).** Resistance of lipid films to water vapor transmission. *Journal of the American oil Chemists' Society*, 66(8), 1139-1146.
 67. **Khwaldia, K., Arab-Tehrany, E., & Desobry, S. (2010).** Biopolymer coatings on paper packaging materials. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(1), 82-91.
 68. **Kim I. H., Yang H. J., Noh B. S., Chung S. J. (2012)** Development of a defatted mustard mealbased composite film and its application to smoked salmon to retard lipid oxidation. *Food Chemistry*.133(4):1501-1509.
 69. **Koutsoumanis, K., & Nychas, G. J. E. (2000).** Application of a systematic experimental procedure to develop a microbial model for rapid fish shelf-life predictions. *International Journal of Food Microbiology*, 60(2-3), 171-184.
 70. **Koutsoumanis, K., Lampropoulou, K., & Nychas, G. J. E. (1999).** Biogenic amines and sensory changes associated with the microbial flora of Mediterranean gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) stored aerobically at 0, 8, and 15 C. *Journal of food protection*, 62(4), 398-402.
 71. **Kyrana, V. R., & Lougovois, V. P. (2002).** Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. *International Journal of food science & technology*, 37(3), 319-328.
 72. **Kyrana, V. R., Lougovois, V. P., & Valsamis, D. S. (1997).** Assessment of shelf-life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *International Journal of Food Science & Technology*, 32(4), 339-347.
 73. **Lau O.W., Wong S.K. (2000)** Contamination in food from packaging materials. *J. Chrom.*, 882 (1-2), 255-70

74. **Leimann, F. V., Gonçalves, O. H., Machado, R. A. F., & Bolzan, A. (2009).** Antioxidant activity of microencapsulated oregano essential oil and the effect of polymer wall materials. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 175-183.
75. **Leisner J.J., Gram L. (2000)** Spoilage of fish. In: Robinson R.K., Batt C.A., Patel 00P.D. (eds) Encyclopedia of Food Microbiology. San Diego: Academic Press, pp.813-820
76. **Levin, R. E. (1968).** Detection and incidence of specific species of spoilage bacteria on fish. I. Methodology. *Appl. Microbiol.* 16, 1734-1737.
77. **Li, X., Zhang, Y., & Gao, Y. (2020).** Cold storage conditions and their effects on lactic acid bacteria growth in seafood products. *Journal of Food Microbiology*, 145, 102-108.
78. **Lima dos Santos, C. A. M. (1981).** The storage life of tropical fish in ice- a review. *Trop. Sci.* 23, 97-127.
79. **Liston, J. (1980).** Microbiology in fishery science. In *Advances in fish science and technology: papers presented at the Jubilee conference of the Torry Research Station, Aberdeen, Scotland, 23-27 July 1979, edited by JJ Connell and staff of Torry Research Station.* Farnham, Surrey, England, Fishing News Books
80. **Liu, Y., Meng, Y., & Chen, J. (2023).** Preparation, characterization, and application of sodium alginate/ ϵ -polylysine layer-by-layer self-assembled edible film. *Coatings*, 13(3), 516
81. **Lu X., Chen J., Guo Z., Zheng Y., Rea M.C., Su H., Zheng X., Zheng B., S. Miao (2019),** Using polysaccharides for the enhancement of functionality of foods: a review, *Trends Food Sci. Technol*, 86, 311–327.
82. **Mahalik N.P. (2014)** Advances in Packaging Methods, Processes and Systems. *Challenges*, 5, 374–389.
83. **Mahmood K, Kamilah H, Shang PL, Sulaiman S, Ariffin F and Alias AK (2017)** A review: interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. *Food Biosci* 19:110–120.
84. **Mangaraj S., Yadav A., Bal L.M., Dash S., Mahanti N.K. (2019)** Application of biodegradable polymers in food packaging industry: a comprehensive review, *J. Packag. Technol. Res.*, 3, 77–96.

85. **Mangraj, S., & Goswami, T. K. (2009).** Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life: A review. *Fresh Produce*, 3(1), 1-31.
86. **Martinez O., Salmeron J., Epelde L., Soledad Vicente M., de Vega C. (2018)** Quality enhancement of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets by adding resveratrol and coating with chitosan and alginate edible films. *Food Control*. Volume 85. Pages 168-176.
87. **Mgbeahuruike, E. E., Yrjönen, T., Vuorela, H., & Holm, Y. (2017).** Bioactive compounds from medicinal plants: Focus on Piper species. *South African Journal of Botany*, 112, 54-69.
88. **Muncke, J. (2011).** Endocrine disrupting chemicals and other substances of concern in food contact materials: an updated review of exposure, effect and risk assessment. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 127(1-2), 118-127.
89. **Neira L. M., Agustinelli S. P., Ruseckaite R. A., Martucci J. F. (2019)** Shelf-life extension of refrigerated breaded hake medallions packed into active edible fish gelatin films. *Packaging Technology and Science*. Volume 32. Issue 9. Pages 471-480.
90. **Ninan, G., & Zynudheen, A. A. (2014).** Evaluation of quality and shelf life of two commercially important fish species viz., tiger tooth croaker (*Otolithes ruber* Bloch and Schneider) and flathead grey mullet (*Mugil cephalus* Linnaeus) in iced conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 84, 1035-1042.
91. **Nour AEA, Mabrouk H, Omar E, El-Wafa MA, Akkaada AEKA (1993).** Effect of feeding levels and stocking density on growth performance and feed utilization of grey mullet (*M cephalus*). *Proceedings of the 1st Intern. Symposium on Aquaculture Technology and Investment Opportunities, Riyadh*, 11-14/4/93
92. **Olmedo, R. H., Asensio, C. M., & Grosso, N. R. (2015).** Thermal stability and antioxidant activity of essential oils from aromatic plants farmed in Argentina. *Industrial Crops and Products*, 69, 21-28.
93. **Oyemitan, I. A. (2017).** African medicinal spices of genus Piper. In *Medicinal Spices and Vegetables from Africa* (pp. 581-597). Academic Press.

94. **Paperna I, Overstreet RM (1981).** Parasites and Diseases of Mulletts (Mugilidae). In 'Aquaculture of Grey Mulletts", O.H. Oren Ed. International Biological Program, 26. Cambridge University Press
95. **Parlapani F.F., Kormas K. Ar. & I.S. Boziaris (2015).** Microbiological changes, shelf life and identification of initial and spoilage microbiota of sea bream fillets stored under various conditions using 16S rRNA gene analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95, 2386–2394
96. **Parlapani F.F., Malouchos A., Haroutounian S.A., Boziaris I.S. (2014)** Microbiological spoilage and investigation of volatile profile during storage of sea bream fillets under various conditions. *International Journal of Food Microbiology* 189,153-163
97. **Parlapani F.F., Meziti A., Kormas Ar.K. & I.S. Boziaris (2013).** Indigenous and spoilage microbiota of farmed sea bream stored in ice identified by phenotypic and 16S rRNA gene analysis. *Food Microbiology* 33, 85-89.
98. **Parlapani, F. F. (2021).** Microbial diversity of seafood. *Current Opinion in Food Science*, 37, 45-51.
99. **Parlapani, F. F., & Boziaris, I. S. (2016).** Monitoring of spoilage and determination of microbial communities based on 16S rRNA gene sequence analysis of whole sea bream stored at various temperatures. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 553-559.
100. **Parlapani, F. F., Haroutounian, S. A., Nychas, G. J. E., & Boziaris, I. S. (2015).** Microbiological spoilage and volatiles production of gutted European sea bass stored under air and commercial modified atmosphere package at 2 C. *Food microbiology*, 50, 44-53.
101. **Parlapani, F. F., Mallouchos, A., Haroutounian, S. A., & Boziaris, I. S. (2014).** Microbiological spoilage and investigation of volatile profile during storage of sea bream fillets under various conditions. *International journal of food microbiology*, 189, 153-163.
102. **Parlapani, F. F., Michailidou, S., Pasentsis, K., Argiriou, A., Krey, G., & Boziaris, I. S. (2018).** A meta-barcoding approach to assess and compare the storage temperature-dependent bacterial diversity of gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) originating from fish farms from two geographically distinct areas of Greece. *International Journal of Food Microbiology*, 278, 36-43.

103. **Petersen K., Nielsen V., P., Bertelsen G., Lawther M., Olsen M.B., Nilsson N.H., Mortensen G. (1999)** Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Technol.*, 10, 52–68.
104. **Peterson MS, Rakosinski CF, Comyns BH, Fulling GL (1999).** Influence of temperature and salinity on laboratory growth of juvenile Mugil sp. and implications
105. **Pickersgill, B. (2003).** PEPPERS AND CHILLIES. B. Caballero, Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (pp. 4460-4467). Baltimore, Maryland 21205-2179, USA: Academic Press.
106. **Poças, M. F., Oliveira, J. C., Pereira, J. R., & Hogg, T. (2010).** Consumer exposure to phthalates from paper packaging: an integrated approach. *Food Additives and Contaminants*, 27(10), 1451-1459.
107. **Rahman, M. S. (2020).** Food preservation: an overview. *Handbook of food preservation*, 7-18.
108. **Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J. M., & Diaz, O. (2011).** Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): Influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, 128(1), 187-194.
109. **Said, I., et al. (2022).** "The Performance and Characteristics of Gelatine-Based Films Prepared from Different Sources as Packaging Materials for the Food Industry." *Membranes*, 13(10), 826.
110. **Salgado P.R., Ortiz C.M., Musso Y.S., Di Giorgio L., Mauri A.N. (2015)** Edible films and coatings containing bioactives. *Curr. Opin. Food Sci.*, 5, 86–92.
111. **Sallam, A. K., Al Shehri, A., & Mohamed, A. A. (2023).** Garlic bioactive substances and their therapeutic applications for improving human health: A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 10.
112. **Salvatore, J., & Kenneth, J. (2005).** *Handbook of Polymer Synthesis, Characterization, and Processing*. John Wiley & Sons.
113. **Senturk Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018).** Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*, 7(10), 170.
114. **Shalaby A.R., Moawad R.K., Emam W.H., Mohamed G.F. (2013)** Quality and Shelf-Life of Cold Stored Mullet Fish (*MugilCephalus*) Pretreated

- by Sorbate/Thyme Oil with Emphasis on Biogenic Amines. *Current Nutrition & Food Science*, 9 (4).
115. **Shewfelt, R. L., Erickson, M. C., Hung, Y. C., & MALUNDO, T. M. (1997).** Applying quality concepts in frozen food development. *Food technology (Chicago)*, 51(2), 56-59.
 116. **Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2013).** *Introduction to Food Engineering*. Academic Press.
 117. **Socaciu, M. I., Semeniuc, C. A., & Vodnar, D. C. (2018).** Edible films and coatings for fresh fish packaging: Focus on quality changes and shelf-life extension. *Coatings*, 8(10), 366.
 118. **Steinkraus, K. H. (1997).** Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. *Food control*, 8(5-6), 311-317.
 119. **Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jørgensen, B., & Kristbergsson, K. (2003).** Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14(3), 237-245.
 120. **Syropoulou, F., Parlapani, F.F., Kakasis, S., et al. (2021)** Primary Processing and Storage Affect the Dominant Microbiota of Fresh and Chill-Stored Sea Bass Products. *Foods*; 10, 671.
 121. **Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., & Masoudpour-Behabadi, M. (2016).** Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate polymers*, 137, 360-374.
 122. **Thompson J.J. (1966)** The grey mullets. *Oceanogr. Mar Bio. Ann. Rev.* 4, 301-335
 123. **Tiozon, R. J. N., Bonto, A. P., Sreenivasulu, N. (2021)** Enhancing the functional properties of rice starch through biopolymer blending for industrial applications: A review, *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 192, 100-117.
 124. **Torres- Pereira I. (1991).** Effects of different feeds on growth, feed efficiency and water quality of juvenile mullets in intensive culture. Thesis, Hamburg Univ. Fachber. Biologie, 282p
 125. **Tritsch, L. G. (2000)** Food Irradiation. *Nutrition* 16, 698-718

126. **Varzakas, T. (2016).** Advances in food additives and contaminants. *Handbook of Food Processing Food Preservation; Varzakas, T., Tzia, C., Eds*, 319-388.
127. **Varzakas, T., & Tzia, C. (Eds.). (2015).** *Handbook of food processing: food safety, quality, and manufacturing processes*. CRC Press.
128. **Venugopal, V. (2006).** Postharvest quality changes and safety hazards. *Seafood processing: Adding value through quick freezing, retortable packing and cook-chilling*, 23-60.
129. **Waheeda, A., Arshada, L., Tabassuma, S., Zahida, L., Ahmeda, H., Aaramb, S., et al. (2021).** Chapter 29 - Capsaicin. Στο A Centum of Valuable Plant Bioactives.
130. **Wang K., Wang W., Ye R., Xiao J., Liu Y., Ding J. (2017)** Mechanical and barrier properties of maize starch-gelatin composite films: effects of amylose content. *J Sci Food Agric.*, 97, 3613–3622.
131. **Whitfield, A. K., Panfili, J., & Durand, J. D. (2012).** A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22, 641-681.
132. **World Health Organization**, General Principles Governing the use of food additives, World Health Organization technical report series No. 129, 1957
133. **World Health Organization. (2021).** Guideline: Sodium intake for adults and children.
134. **Wright D.E., Eastcott A. (1982)** Operant conditioning of feeding behaviour and patterns of feeding in thick lipped mullet *C. labrosus* and common carp *C. carpio*. *J. Fish Biol.* 20, 625-634.
135. **Yam K.L., Dong S.L. (2012)** Emerging food packaging technologies: An overview. *Emerging food packaging technologies*, 1-9.
136. **Young, L. L., Reviere, R. D., and Cole, A. B. (1988).** Fresh red meats: a place to apply modified atmospheres. *Food Technol.* 42, 65-69.
137. **Yuan G., Chen X., Li D. (2016)** Chitosan films and coatings containing essential oils: the antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems, *Food Res. Int.*, 89, 117–128.

138. **Zhao, H., Liu, W., & Chen, F. (2022).** Microbial dynamics in low-temperature stored food products: Focus on lactic acid bacteria. *Food Control*, 129, 108-115.
139. **Zivanovic, S., Chi, S., & Draughon, A. F. (2005).** Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Journal of food science*, 70(1), M45-M51.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. **Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 10/2011** της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 14ης Ιανουαρίου 2011 για τα πλαστικά υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα
2. **ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 2406/96** ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 26ης Νοεμβρίου 1996 περί καθορισμού κοινών προδιαγραφών εμπορίας ορισμένων αλιευτικών προϊόντων L 334/1.
3. **Κουτσομανής, Κ. (2000).** *Μικροβιακή αλλοίωση των ιχθυηρών και πρόβλεψη της διάρκειας ζωής* (Doctoral dissertation, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Εργαστήριο Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας Τροφίμων).
4. **Κώδικας Τροφίμων & Ποτών** και αντικειμένων κοινής χρήσης (Μέρος Α' τρόφιμα και ποτά), Αθήνα 1998
5. **Κώδικας Τροφίμων και Ποτών**, 2015, Έκδοση 18η, Αθήνα
6. **Μπλούκας, Ι. (2004).** Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων. *Σταμούλης, Αθήνα.*
7. **Μπλούκας, Ι. Γ. (2004).** Συσκευασία τροφίμων. *Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.*
8. **Μποζιάρης Ι. (2012)** Υγιεινή και Συντήρηση Εδώδιμων Αλιευμάτων. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, 2η Έκδοση.
9. **Μπρατσιάκος, Β. Α. (2016).** Προσδιορισμός της ποιότητας νωπών αλιευμάτων μέσω εργαστηριακών μεθόδων.
10. **Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.** Salt reduction.
11. **Παπαναστασίου, Δ. (1990).** Τεχνολογία και ποιοτικός έλεγχος αλιευμάτων. *Ιων, Αθήνα* σελ, 187-314.
12. **Παρλαπάνη Φ. (2013)** Ειδικοί Αλλοιωγόνοι Μικροοργανισμοί και η επίδρασή τους στην ποιότητα και στην τύχη των παθογόνων μικροοργανισμών στα αλιευτικά προϊόντα. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
13. **Σφλώμος Κ., Βαρζάκας Θ., (2019)** Εισαγωγή στην Επιστήμη και την Τεχνολογία Τροφίμων, Εκδόσεις Τσότρας, Αθήνα 2019