



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΨΑΡΙΩΝ. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ”**

ENGLISH TITLE

**SPOILAGE MICROBIOTA OF FRESH FISH. DIFFERENCES BETWEEN AEROBIC PACKAGING AND
MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ / NAME OF STUDENT

ΒΑΣΙΛΑΚΗ ΙΟΥΛΙΑΝΗ

VASILAKI IOULIANI

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ/NAME OF SUPERVISOR

ΟΛΓΑ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

OLGA PAPADOPOULOU

ΑΙΓΑΛΕΩ / AIGALEO 2023

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο “ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΨΑΡΙΩΝ. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ” που παρουσιάστηκε από την ΒΑΣΙΛΑΚΗ ΙΟΥΛΙΑΝΗ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Παπαδοπούλου Όλγα

Μέλος επιτροπής: Κοντελής Σπυρίδων

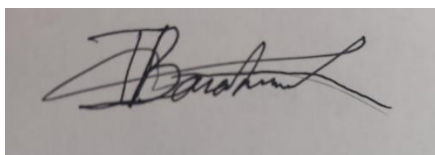
Μέλος επιτροπής: Μπρατάκος Σωτήριος

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Η δηλούσα,

ΒΑΣΙΛΑΚΗ ΙΟΥΛΙΑΝΗ

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is stylized and appears to read 'Basilaki Iouliani'.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η διερεύνηση της αλλοιογόνου μικροχλωρίδας νωπών ιχθυηρών και οι διαφορές που βρίσκονται μεταξύ αερόβιας συσκευασίας και συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Τα φρέσκα ιχθυηρά είναι ένα ιδιαίτερα ευάλωτο αγαθό και η αλλοίωση προκαλείται εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, όπως η μικροβιακή δράση, η οξείδωση των λιπιδίων και η αυτόλυση. Η ποιότητα των νωπών ιχθυηρών επηρεάζεται κυρίως από τη μικροβιακή αλλοίωση. Τα βακτήρια που αναπτύσσονται σε φρέσκα ιχθυηρά καταναλώνουν θρεπτικά συστατικά και απελευθερώνουν παραπροϊόντα που με την πάροδο του χρόνου συσσωρεύονται. Αυτά τα παραπροϊόντα αποτελούν τον κύριο λόγο για τον οποίο το φρέσκο ψάρι απορρίπτεται με βάση τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (γεύση και οσμή).

Η αερόβια συσκευασία είναι μια μέθοδος συσκευασίας που χρησιμοποιείται και για τη συσκευασία ιχθυηρών και επιτρέπει στον αέρα να ρέει ελεύθερα γύρω από το προϊόν. Αυτός ο τύπος συσκευασίας μπορεί να προωθήσει την ανάπτυξη της αλλοιωμένης μικροχλωρίδας που υπάρχει στο τρόφιμο, καθώς το οξυγόνο του αέρα επιτρέπει στα αερόβια βακτήρια να αναπτυχθούν και να ευδοκιμήσουν. Αποτέλεσμα είναι η μικρότερη εμπορική διάρκεια ζωής για τα ιχθυηρά. Από την άλλη πλευρά, η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) περιλαμβάνει την αλλαγή της σύνθεσης του αέρα που περιβάλλει τα ιχθυηρά για να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον που αναστέλλει την ανάπτυξη της υπάρχουσας μικροχλωρίδας. Τα πιο κοινά αέρια που χρησιμοποιούνται στην MAP είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο και το οξυγόνο. Τα επίπεδα αυτών των αερίων, μπορεί να επιβραδύνουν την ανάπτυξη της αλλοιογόνου μικροχλωρίδας, παρατείνοντας έτσι την εμπορική διάρκεια ζωής των ιχθυηρών.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ της αερόβιας συσκευασίας και της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι η παρουσία οξυγόνου και ο τύπος της μικροχλωρίδας που μπορεί να αναπτυχθεί σε κάθε περιβάλλον. Η αερόβια συσκευασία προάγει την ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων, ενώ η MAP αναστέλλει την ανάπτυξη όλων των μικροοργανισμών σε κάποιο βαθμό.

Λέξεις- κλειδιά: νωπά ιχθυηρά, αλλοιογόνος μικροχλωρίδα, συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, αερόβια συσκευασία

ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate the spoilage microbiota of fresh fish and the differences between aerobic and modified atmosphere packaging. Fresh fish is a highly vulnerable commodity and spoilage is caused due to several factors such as microbial action, lipid oxidation and autolysis. The quality of fresh fish is mainly affected by microbial spoilage. Bacteria growing on fresh fish consume nutrients and release by-products that accumulate over time. These by-products are the main reason why fresh fish is rejected on the basis of its organoleptic characteristics (taste and smell)

Aerobic packaging is a packaging method that is also used for packaging fish products and allows air to flow freely around the product. This type of packaging can promote the growth of the spoiled microflora present in the food, as the oxygen in the air allows aerobic bacteria to grow and thrive. The result is a shorter commercial shelf life for the fish. On the other hand, modified atmosphere packaging (MAP) involves changing the composition of the air surrounding the fish to create an environment that inhibits the growth of existing microflora. The most common gases used in MAP are carbon dioxide, nitrogen and oxygen. Levels of these gases can slow the growth of allopathic microflora, thus extending the commercial life of the fish.

The main differences between aerobic and modified atmosphere packaging are the presence of oxygen and the type of microflora that can grow in each environment. Aerobic packaging promotes the growth of aerobic bacteria, whereas MAP inhibits the growth of all microorganisms to some extent.

Keywords: fresh fish, alien microflora, modified atmosphere packaging, aerobic packaging, modified atmosphere packaging, aerobic packaging

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	10
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ	10
1.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΙΧΘΥΗΡΩΝ	10
1.3 ΜΥΙΚΟΙ ΙΣΤΟΙ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ	11
1.4 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ	12
1.5 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΑΡΚΑΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ	16
1.6 ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ	17
1.7 ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΕΝΤΕΡΟΥ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ.....	19
1.8 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ	20
1.9 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ	22
1.9.1 ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	22
α. ΕΝΕΡΓΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΡΟΦΙΜΟΥ (pH)	22
β. ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ (aw)	23
γ. ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ (Eh)	24
δ. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	24
ε. ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	25

στ. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ	25
1.9.2 ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	26
α. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	26
β. ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	26
1.10 ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ	27
1.11 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	27
1.12 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ.....	29
1.13 ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ	32
2.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ.....	32
2.1.1. SHEWANELLA	32
2.1.2. PSEUDOMONAS	33
2.1.3 PHOTOBACTERIUM	33
2.1.4. BROCHOTHRIX THERMOSPRACTA	34
2.1.5. PSYCHROBACTERIUM.....	35
2.1.6. PSEUDOALTERONOMONAS	36
2.1.7.CARNOBACTERIUM	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	38
Α. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΑ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ.....	38
A.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	38
A.2 ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΕ ΝΩΠΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΠΟΥ ΔΙΑΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ.....	39
A.3 ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΛΙΠΙΔΙΩΝ – ΤΑΓΓΙΣΗ ΣΕ ΙΧΘΥΗΡΑ	39

A.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ.....	40
A.5 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΝΩΠΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΔΙΑΤΗΡΟΥΜΕΝΑ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	41
B. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	42
B.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	42
B.2. ΙΧΘΥΗΡΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΥΠΟ ΚΕΝΟ ΚΑΙ ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ.....	43
B.2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	43
B.2.2. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΥΠΟ ΚΕΝΟ	44
B.2.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΥΠΟ ΚΕΝΟ	44
B.2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΥΠΟ ΚΕΝΟ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ.....	45
B.3. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	47
B.3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	47
B.3.2 ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΚΑΙ ΠΑΘΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΣΤΗΝ ΜΑΡ.....	47
B.3.3 ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΑΡ.....	49
B.3.4 ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΣΤΟ CO ₂ ΚΑΙ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ Η ΔΡΟΥΝ ΘΕΤΙΚΑ	51
B.3.5 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ O ₂ ΚΑΙ CO ₂ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΝΑ ΑΠΟΤΡΑΠΕΙ Η ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	52

B.3.6 ΟΛΙΚΟ ΠΤΗΤΙΚΟ ΒΑΣΙΚΟ ΑΖΩΤΟ, ΤΡΙΜΕΘΥΛΑΜΙΝΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΡΕΣΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΜΑΡ.....	54
B.3.7 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΠΟΥ ΣΥΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΡ	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ – ΠΙΝΑΚΩΝ	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ

Ο όρος "ψάρι" μπορεί να μοιάζει με μια απλή και ξεκάθαρη έννοια όμως στην πραγματικότητα περικλείει ένα τεράστιο και ποικίλο φάσμα ειδών ζώων (Jonathan Balcombe et al., 2016). Οι άνθρωποι όταν χρησιμοποιούν τον όρο ιχθυηρά αναφέρονται σε διάφορες ομάδες σπονδυλωτών οι οποίες δεν έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που είναι μοναδικά για αυτά. (Philip A. Hastings et al., 2015). Στην πραγματικότητα, η FishBase, η οποία θεωρείται η πιο εκτεταμένη και συχνά χρησιμοποιούμενη διαδικτυακή βάση δεδομένων για τα ιχθυηρά, έχει καταγράψει 33.249 διαφορετικά είδη από τον Ιανουάριο του 2016. Αυτά τα είδη ανήκουν σε 564 οικογένειες και σε 64 τάξεις, καθιστώντας τη συλλογική κατηγορία των " ιχθυηρών " πιο άφθονη από όλες τις άλλες ομάδες θηλαστικών, πτηνών, ερπετών και αμφιβίων μαζί. Αυτό σημαίνει ότι όταν χρησιμοποιούμε τον όρο "ψάρι", στην πραγματικότητα αναφερόμαστε στο τεράστιο 60% όλων των γνωστών ειδών στη Γη που έχουν ραχοκοκαλιά. Η πλειονότητα των σημερινών ιχθυηρών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε μία από τις δύο κύριες ομάδες: οστεώδη ιχθυηρά και χόνδρινα ιχθυηρά (Jonathan Balcombe et al.,2016).

1.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Τα υδρόβια σπονδυλωτά, κοινώς γνωστά ως ιχθυηρά, διαθέτουν βράγχια για να αναπνέουν στο νερό και έχουν επίσης πτερυγία που είναι εξοπλισμένα με μεταβλητό αριθμό ακτινών των πτερυγίων. (Thurman and Webber, 1984).

Τα ιχθυηρά είναι ένας κοινός όρος για τα υδρόβια σπονδυλωτά, μπορεί να βρεθεί σε διάφορες κατηγορίες ζώων. Ωστόσο, μόνο τρεις ομάδες, οι καρχαρίες και οι σαλαχίδες και οι οστεώδεις, θεωρούνται σημαντικές και έχουν εκτεταμένη παρουσία στο υδάτινο περιβάλλον μεταξύ των πέντε κατηγοριών σπονδυλωτών.

Τα ιχθυηρά είναι τα πιο άφθονα σπονδυλωτά στη γη. Είναι τόσο διαφοροποιημένα ώστε υπάρχουν πάνω από 20.000 γνωστά είδη, με περισσότερα από τα μισά (58%) να ζουν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τα ζεστά και εύκρατα νερά κοντά στις ηπειρωτικές υφαλοκρηπίδες φιλοξενούν περίπου 8.000 είδη, ενώ περίπου 1.100 είδη μπορούν να βρεθούν στα κρύα πολικά νερά. Στο ωκεάνιο πελαγικό περιβάλλον, υπάρχουν μόνο λίγα είδη, με αριθμό περίπου 225. Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι στη βαθύτερη μεσοπελαγική ζώνη του πελαγικού περιβάλλοντος (μεταξύ 100 και 1.000 μέτρων βάθος), ο αριθμός των ειδών αυξάνεται σημαντικά. Η περιοχή αυτή φιλοξενεί περίπου 1.000 είδη ιχθυηρών της μεσαίας θάλασσας. (Thurman και Webber, 1984).

Είναι μεγάλη πρόκληση να κατηγοριοποιήσουμε όλα αυτά τα πλάσματα, αλλά οι ταξινομιστές έχουν βρει έναν τρόπο να τα ομαδοποιήσουν σε φυσικές μονάδες που δείχνουν τις εξελικτικές τους σχέσεις. Στο μικρότερο επίπεδο, έχουμε το είδος, το καθένα με τη δική του επιστημονική ονομασία που αποτελείται από δύο μέρη: το γένος και το συγκεκριμένο επίθετο (γνωστό ως διωνυμική ονοματολογία). Το γένος είναι πάντα με κεφαλαία και τα δύο μέρη είναι πλάγια. Για παράδειγμα, το επιστημονικό όνομα του κοινού δελφινιού είναι *Delphinus delphis*. Το γένος είναι μια κατηγορία που μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα είδη, ενώ η οικογένεια είναι το επόμενο επίπεδο πάνω και μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα γένη. Έτσι, ολόκληρη η ιεραρχία μοιάζει κάπως έτσι: Βασίλειο , Συνομοταξία , Τάξη , Οικογένεια, Γένος , Είδος.

Η κατηγοριοποίηση των ιχθυηρών είτε σε χόνδρινες είτε σε οστεώδεις ομάδες, με εξαίρεση τις ασήμαντες κώνωπες, έχει σημαντικές πρακτικές επιπτώσεις. Ο ρυθμός αλλοίωσης και η χημική σύνθεση αυτών των ξεχωριστών ομάδων ιχθυηρών διαφέρουν σημαντικά, τονίζοντας έτσι τη σημασία της ταξινόμησής τους.

1.3 ΜΥΙΚΟΙ ΙΣΤΟΙ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Τα ιχθυηρά διαθέτουν τρεις τύπους μυϊκών κυττάρων στο μυϊκό ιστό τους το σκελετικό, το καρδιακό και το λείο μυϊκό σύστημα. Οι σκελετικές μυϊκές ίνες είναι πολυκύτταρες συνκυττίες που έχουν την προέλευσή τους και τις εισαγωγές τους στα οστά του σκελετού. Δύο τύποι σκελετικών μυών (κόκκινο και λευκό) βρίσκονται στα ιχθυηρά, με ποικίλους βαθμούς αγγειοποίησης και περιεκτικότητας σε μυοσφαιρίνη. Αυτοί οι δύο

μύες συμμετέχουν σε ξεχωριστές δραστηριότητες κολύμβησης. Οι καρδιακές μυϊκές ίνες αποτελούνται από διακλαδίζοντα καρδιομυοκύτταρα . Οι παρεμβαλλόμενοι δίσκοι βρίσκονται σε τοποθεσίες επαφής end-to-end. Οι καρδιές των ιχθυηρών δεν διαθέτουν τις ειδικά τροποποιημένες οδούς αγωγιμότητας (ίνες Purkinje). Οι λείες μυϊκές ίνες σχηματίζουν συνήθως το συστατικό τμήμα των τοιχωμάτων των περισσότερων σπλάχνων και του μέσου χιτώνα των αρτηριών και των φλεβών. Αυτές οι ίνες αποτελούνται από κύτταρα σε σχήμα ατράκτου γνωστά ως λειομυοκύτταρα, τα οποία δεν διαθέτουν ραβδώσεις. Ενώ τα λειομυοκύτταρα μπορεί να υπάρχουν ως μεμονωμένα κύτταρα, τυπικά διατάσσονται σε στρώματα ή φύλλα που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Μέσα σε κάθε κύτταρο, υπάρχουν εύθραυστα συσταλτικά μυονήματα που επιτρέπουν στον μυ να συσπειρωθεί (Doaa M. Mokhtar 2021).

Τα ιχθυηρά έχουν ένα μυϊκό ιστό που περιέχει εξειδικευμένα κύτταρα τα οποία είναι υπεύθυνα για τη μηχανική εργασία. Ο μυϊκός ιστός στα ιχθυηρά έχει τρεις διαφορετικούς τύπους μυϊκών κυττάρων. Αυτά περιλαμβάνουν το σκελετικό μυϊκό σύστημα, το οποίο αποτελείται από ίνες μη διακλαδισμένες, εκούσιες και ραβδωτές. Τον καρδιακό μυϊκό ιστό που είναι ένας άλλος τύπος, που αποτελείται από ακούσιες ίνες που είναι ραβδωτες και διακλαδώνονται. Τέλος, το λείο, άτονο, ακούσιο μυϊκό σύστημα (Doaa M. Mokhtar 2021).

1.4. ANATOMIA ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Τα ιχθυηρά, ως σπονδυλωτά, διαθέτουν σπονδυλική στήλη και κρανίο που καλύπτει τον εγκέφαλό τους. Η σπονδυλική στήλη εκτείνεται από το κεφάλι μέχρι το ουραίο πτερύγιο και αποτελείται από τμήματα γνωστά ως σπονδύλοι. Οι σπόνδυλοι επεκτείνονται περαιτέρω αδρανώς για να σχηματίσουν νευρικές σπονδυλικές στήλες, ενώ στην περιοχή του κορμού, είναι εξοπλισμένοι με πλευρικές διεργασίες και νευρώσεις. Οι νευρώσεις, συνήθως οστεώδεις ή χόνδρινες , μπορούν να βρεθούν στο συνδετικό ιστό μεταξύ των τμημάτων των μυών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε αντίθεση με άλλα ζώα, τα ιχθυηρά στερούνται του συστήματος τενοντίτιδας που συνδέει τις μυϊκές δέσμες με το σκελετό τους. Αντ 'αυτού, έχουν μυϊκά κύτταρα που λειτουργούν παράλληλα και συνδέονται με θήκες του συνδετικού ιστού, τα οποία είναι εδραιωμένα στον σκελετό

και το δέρμα. Αυτές οι δέσμες των παράλληλων μυϊκών κυττάρων είναι γνωστές ως μυστομές(P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

Ο μυϊκός ιστός των ιχθυηρών είναι συνήθως λευκός, εκτός από ορισμένα είδη που έχουν καφέ ή κοκκινωπό σκούρο ιστό. Η αναλογία του σκοτεινόχρωμου προς τον ελαφρύ μυ εξαρτάται από το επίπεδο δραστηριότητας του ιχθυηρού, με τα πελαγικά ιχθυηρά να έχουν μέχρι 50% του σωματικού τους βάρους που αποτελείται από σκοτεινόχρωμους μύες. Από την άλλη πλευρά, τα βενθοπελαγικά ιχθυηρά έχουν σημαντικά μικρότερη ποσότητα σκοτεινόχρωμου μυϊκού ιστού (P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

Οι ανομοιότητες μεταξύ της χημικής σύστασης των δύο τύπων μυών είναι αρκετά έντονες. Ο σκοτεινόχρωμος μυς περιέχει αυξημένα επίπεδα λιπιδίων και μυοσφαιρίνης, τα οποία απουσιάζουν στο άλλο είδος. Η παρουσία λιπιδίων στο σκοτεινόχρωμο μυ είναι ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ζητήματος της αλλοίωσης (P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

Το κοκκινωπό χρώμα του κρέατος του σολομού και της πέστροφας οφείλεται στο κόκκινο καροτενοειδές, την ασταξανθίνη, την οποία δεν μπορούν να παράγουν από μόνα τους. Αυτά τα ιχθυηρά βασίζονται στην κατανάλωση ζωοτροφών που περιέχουν ασταξανθίνη για να αποκτήσουν τη χρωστική ουσία.

Όλα τα ιχθυηρά μοιράζονται ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών που τα διακρίνουν από άλλα πλάσματα. Ανάμεσα σε αυτά τα κοινά χαρακτηριστικά είναι η ραχοκοκαλιά και τα βράγχια, καθώς και η προτίμηση για χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επιπλέον, τα περισσότερα ιχθυηρά διαθέτουν ένα ζευγάρι πτερύγια κατά μήκος της πλάτης και κάτω από την ουρά τους, καθώς και δύο σετ πτερυγίων και ένα μεγάλο κάθετο πτερύγιο της ουράς(P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

Τα θωρακικά και τα πυελικά πτερύγια χρησιμεύουν ως σταθεροποιητές και φρένα, ενώ η ουρά είναι υπεύθυνη για την προώθηση των ιχθυηρών. Τα ιχθυηρά είναι μοναδικά πλάσματα που διαθέτουν έξι αισθήσεις, όπως ακοή, όραση, μυρωδιά, γεύση, αφή και μια σειρά από ευαίσθητες νευρικές απολήξεις που βρίσκονται στην πλευρική γραμμή του δέρματος. Αυτές οι νευρικές απολήξεις βοηθούν στην ανίχνευση μικρών ρευμάτων νερού και αλλαγών στην πίεση του νερού, επιτρέποντας στα ιχθυηρά να ανιχνεύουν κινήσεις άλλων ιχθυηρών στο νερό. Ορισμένα είδη ιχθυηρών έχουν ευαίσθητα όργανα

στα πτερύγια και στο δέρμα τους που τους επιτρέπουν να γεύονται ή να μυρίζουν αντικείμενα χωρίς να τα καταναλώνουν. Ο μπακαλιάρος και παρόμοια είδη έχουν ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο "μούσι" ή barbel που χρησιμεύει ως ένα όργανο που μυρίζει (P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

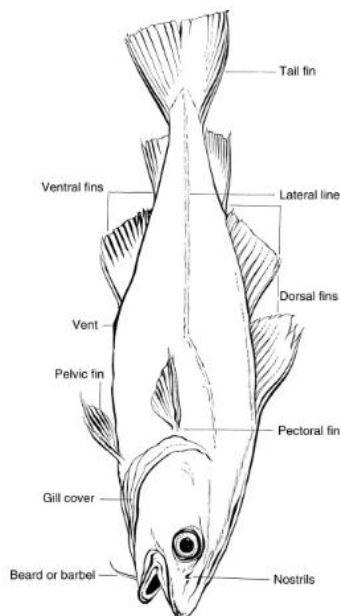
Το διακεκριμένο χαρακτηριστικό των οστεωδών ιχθυηρών είναι το βραγχιακό επικάλυμμα που βρίσκεται σε κάθε πλευρά του σώματός τους. Αυτό λειτουργεί ως μονόδρομη βαλβίδα που εμποδίζει το νερό να ρέει πίσω στο σώμα του ιχθυηρού. Όταν τα ιχθυηρά εισπνέουν, το βραγχιακό επικάλυμμα κλείνει ενάντια στο σώμα για να επιτρέψει το νερό να εισέλθει αποκλειστικά μέσω του στόματος. Αντιστρόφως, όταν το ψάρι εκπνέει, το στόμα κλείνει και το νερό περνά μέσα από τα βράγχια και έξω πίσω από τα καλύμματα των βράγχιων. Σε αντίθεση με τα οστεώδη ιχθυηρά όπως ο μπακαλιάρος και η ρέγγα, τα χονδροειδή ιχθυηρά όπως οι ραγίδες, οι καρχαρίες και τα σελάχια στερούνται οστέινων σκελετών και έχουν ελαφρώς διαφορετικό αναπνευστικό σύστημα. Αυτά τα είδη παίρνουν νερό μέσω μιας εξειδικευμένης οπής που βρίσκεται πίσω από κάθε μάτι αντί για το στόμα και το απελευθερώνουν μέσω ενός ξεχωριστού συνόλου σχισμών βράγχια, συνήθως πέντε, που υπάρχουν σε κάθε πλευρά του κεφαλιού τους.

Τα ιχθυηρά συνήθως καταναλώνουν την τροφή τους χωρίς να την μασάνε. Μερικά ιχθυηρά, ωστόσο, έχουν δόντια που τους επιτρέπουν να διασπάσουν μεγαλύτερα σωματίδια τροφής. Η τροφή πάει κατευθείαν στο στομάχι αφού καταναλωθεί. Τα ιχθυηρά είναι ικανά να αντέξουν παρατεταμένες περιόδους λιμού, που μπορεί να διαρκέσουν για μήνες. Σε ορισμένες ωκεάνιες περιοχές, πρέπει να νηστεύουν είτε λόγω έλλειψης τροφής είτε λόγω αδυναμίας να κυνηγήσουν όταν η νύχτα της Αρκτικής είναι μεγάλη. Ορισμένες φυλές απέχουν από το φαγητό, ενώ ετοιμάζονται να αναπαραχθούν. Η πείνα μπορεί να οδηγήσει σε «μαλακά» ιχθυηρά, τα οποία είναι προβληματικά για το κάπνισμα ή την πώληση (P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

Όταν τα ιχθυηρά τρώνε, τα τοιχώματα του στομάχου τους περιέχουν μικροσκοπικούς αδένες που απελευθερώνουν πεπτικά ένζυμα. Αυτά τα ένζυμα γρήγορα δουλεύουν για την τροφή, προκαλώντας την μαλακή και διασπασμένη. Δυστυχώς, αυτά τα ένζυμα δεν σταματούν εδώ. Θα συνεχίσουν να πέπτουν οποιαδήποτε πρωτεΐνη έρθουν σε επαφή, συμπεριλαμβανομένου του στομάχου και των εντέρων των ιχθυηρών μετά το θάνατό

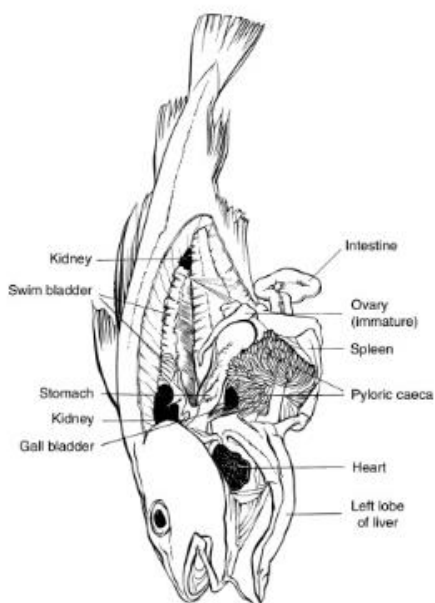
τους. Αυτά τα ένζυμα προέρχονται από μικροσκοπικούς αδένες που βρίσκονται στην επένδυση του στομάχου, του εντέρου και του πυλωρικού εκκοκκίου των οστεωδών ιχθυηρών. Τα χόνδρινα ιχθυηρά δεν έχουν αυτούς τους αδένες. Το ήπαρ παράγει χολή, η οποία εισέρχεται στο έντερο μέσω ενός λεπτού σωλήνα που βρίσκεται ακριβώς πίσω από το στομάχι. Το πάγκρεας παράγει επίσης πεπτικούς χυμούς που εισέρχονται στο έντερο μέσω ενός αγωγού κοντά σε αυτό το σημείο. Τα ιχθυηρά έχουν μικρά έντερα των οποίων η κύρια λειτουργία είναι να πέπτουν και να απορροφούν τρόφιμα μέσω των τοιχών τους. Άλλα όργανα στα ιχθυηρά περιλαμβάνουν το ήπαρ, τους νεφρούς, την ουροδόχο κύστη και τα όργανα αναπαραγωγής (P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).

Τα ιχθυηρά είναι γνωστά για την ευαισθησία τους στη θερμοκρασία. Σε αντίθεση με άλλα ζώα, τα ιχθυηρά δεν μπορούν να ελέγξουν τη θερμοκρασία του σώματός τους και τείνει να ταιριάζει με εκείνη του περιβάλλοντος νερού. Κάθε είδος ιχθυηρού έχει τις δικές του θερμοκρασίες στις οποίες μπορεί να επιβιώσει. Εκτός από την επιθυμία για την εύρεση τροφής και ζευγαρώματος, η συμπεριφορά των ιχθυηρών επηρεάζεται επίσης από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία του νερού (P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014).



ΕΙΚΟΝΑ 1: ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

ΠΗΓΗ: From Burgess, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A., Waterman, J.J., 1965. Fish Handling & Processing. Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh, p. 275.



ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

ΠΗΓΗ: From Burgess, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A., Waterman, J.J., 1965. Fish Handling & Processing. Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh, p. 279.

1.5 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΑΡΚΑΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Τα ιχθυηρά αποτελούνται κυρίως από νερό, πρωτεΐνη, λίπος, μέταλλα και υδατάνθρακες. Τα ακριβή ποσοστά μπορεί να ποικίλουν, αλλά τυπικά τα ιχθυηρά περιέχουν περίπου 70-84% νερό, 15-24% πρωτεΐνη, 0,1-22% λίπος, 1-2% μέταλλα και 0,1-1% υδατάνθρακες.

Τα είδη των λιπαρών ιχθυηρών είναι ιδιαίτερα ωφέλιμα καθώς περιέχουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) όπως το εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA) και το εικοσιπενταενοϊκό οξύ (DHA), τα οποία ταξινομούνται ως ω3 λιπαρά οξέα. Αυτές οι PUFA είναι εξαιρετικά απαραίτητες για τη σωστή ανάπτυξη των παιδιών και μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη της εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων όπως η στεφανιαία καρδιακή νόσος.

Η κατανόηση της χημικής σύνθεσης των ιχθυηρών είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη τεχνικών επεξεργασίας για εμπορική και βιομηχανική χρήση, καθώς και για την ενίσχυση και τον εμπλουτισμό των προϊόντων με θρεπτικά συστατικά. Αυτή η γνώση

μπορεί επίσης να βοηθήσει να διασφαλιστεί ότι τα αλιευτικά προϊόντα πληρούν τις διατροφικές απαιτήσεις και τις εμπορικές προδιαγραφές, ελαχιστοποιώντας την απώλεια θρεπτικής αξίας.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας προσφέρουν οφέλη, αλλά έρχονται με πιθανά μειονεκτήματα που έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων, όπως το κεφάλι, το δέρμα, τα οστά, το συκώτι και τα έντερα. Αυτά τα απόβλητα περιέχουν σημαντικά θρεπτικά συστατικά, όπως πρωτεΐνες, βιταμίνες, μέταλλα, απαραίτητα λιπαρά οξέα και λιπίδια, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα για την παραγωγή ιχθυάλευρων. Για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες και να αποκομισθούν τα οφέλη από τις μεθόδους μεταποίησης, πρέπει να υπάρχει ένας εφικτός μηχανισμός ανάκτησης και αξιοποίησης όλων των βιοχημικών συστατικών από τα μεταποιημένα απόβλητα ιχθύων (Bereket Abraha et al., 2018).

1.6 ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ

Τα ζωντανά και φρεσκοαλιευμένα ιχθυηρά μεταφέρουν μικροοργανισμούς στο δέρμα τους, στα βράγχια και στα έντερα. Ωστόσο, ο μυϊκός ιστός των υγιών ζωντανών ιχθυηρών πιστεύεται ότι είναι απαλλαγμένος από επιβλαβείς μικροοργανισμούς.

Συνήθως, αναφέρεται ένα ευρύ φάσμα στον αριθμό των μικροοργανισμών, όπως 10^2 - 10^7 /cm² για το δέρμα, 10^3 - 10^9 /g για τα βράγχια και 10^3 - 10^9 /g για τα έντερα. Η ποικιλία και η ποσότητα των ζώντων και πρόσφατα αλιευμένων ιχθυηρών μπορεί να επηρεαστεί από ένα πλήθος μεταβλητών.

Η τεράστια διαφορά στον αριθμό των πληθυσμών των ιχθυηρών που βρίσκονται σε διάφορες περιοχές μπορεί να αποδοθεί σε περιβαλλοντικούς παράγοντες. Σε περιοχές με καθαρό και κρύο νερό, οι πληθυσμοί των ιχθυηρών είναι αρκετά χαμηλοί, που κυμαίνονται από 10-100/cm² δέρματος. Από την άλλη πλευρά, τα μολυσμένα νερά ή οι θερμές τροπικές περιοχές συχνά παράγουν ιχθυηρά με πολύ υψηλότερο αριθμό πληθυσμών.

Ο αριθμός των οργανισμών που κατοικούν στις πεπτικές οδούς των ιχθυηρών είναι συνδεδεμένος με το περιβάλλον τους και τις διατροφικές τους συνήθειες (Huss . 1988).

Ο πληθυσμός μπορεί να κυμανθεί από πολύ χαμηλές τιμές ξεπερνώντας ακόμη και τους $10^8/g$, ανάλογα με το αν τα ιχθυηρά τρέφονται ή όχι (Liston 1979) .

Διάφοροι παράγοντες συμβάλλουν στις διαφορές των ειδών και των ποσοτήτων βακτηριακής χλωρίδας που αναφέρονται. Πρώτον, έχουν αναγνωριστεί μόνο οι πρωτογενείς ομάδες βακτηριακής χλωρίδας των ιχθυηρών, αφήνοντας χώρο για ανακρίβειες και λανθασμένα συμπεράσματα. Επιπλέον, τα μέσα, η θερμοκρασία και οι συνθήκες ανάπτυξης μπορούν όλα να επηρεάσουν την απομονωμένη χλωρίδα. Τα αποτελέσματα των βακτηριολογικών ερευνών επηρεάζονται επίσης σημαντικά από την εφαρμοζόμενη μεθοδολογία και το γεγονός ότι η ταξινομική θέση πολλών οργανισμών παραμένει αβέβαιη (Huss, 1988).

Εποχιακές διαφορές έχουν παρατηρηθεί ότι επηρεάζουν την ποσότητα των βακτηρίων στα ιχθυηρά (Hobbs 1991). Ο αριθμός των πληθυσμών μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες εκτός από την εποχή. Αξίζει να σημειωθεί ότι το άνθισμα του πλαγκτον για παράδειγμα, μπορούν να οδηγήσει σε μειωμένους αριθμούς πληθυσμών λόγω των ανταγωνιστικών ή αντιβιοτικών επιδράσεων του στα βακτήρια (Hobbs 1991). Επιπλέον, η μέθοδος συλλογής που χρησιμοποιείται μπορεί επίσης να επηρεάσει τον αριθμό των μικροοργανισμών, με τα ιχθυηρά με τράτα να εμφανίζουν συνήθως υψηλότερο αριθμό σε σύγκριση με τα ιχθυηρά με παραγάδι. (Nickelson και Finne, 1992).

Τα ιχθυηρά που αλιεύονται από ψυχρά ύδατα φιλοξενούν μικροβιακή χλωρίδα που αποτελείται κυρίως από gram αρνητικά ραβδία που ανήκουν στα γένη *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Cytophaga* και *Vibrio*. Αυτά τα βακτήρια είναι ψυχρότροφα και μπορούν να αναπτυχθούν σε αερόβιες ή προαιρετικά αναερόβιες συνθήκες. Τα βακτήρια που αναφέρονται παραπάνω δεν απαιτούν υψηλή συγκέντρωση άλατος για την ανάπτυξη τους (Shewan, 1977, Huss, 1988).

Τα ιχθυηρά που κατοικούν σε ζεστά νερά τείνουν να φιλοξενούν περισσότερα βακτήρια σε σύγκριση με τα αντίστοιχα σε ψυχρότερες περιοχές. Όταν υποβάλλονται σε θερμοκρασίες επώασης μεταξύ 35-37°C, ο αριθμός των βακτηρίων σε ιχθυηρά θερμών υδάτων είναι υψηλότερος. Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει ότι η κοινότητα των βακτηρίων που ανιχνεύονται σε ιχθυηρά θερμών υδάτων είναι πιο μεσοφιλική (Liston 1979). Επιπλέον, τα ιχθυηρά θερμών υδάτων, ειδικότερα, κυριαρχούνται από Gram-

θετικά βακτήρια, συμπεριλαμβανομένων των *Micrococcus*, *Bacillus*, και *Coryneform* (Gilesbie και Macrae, 1975). Τα ευρήματα αναδεικνύουν μια σαφή διαφορά στους μικροοργανισμούς που κατοικούν σε είδη ιχθυηρών που ζουν σε θερμά ύδατα έναντι αυτών σε ψυχρά. Παρέχουν στοιχεία που υποδηλώνουν ότι οι βακτηριακές κοινότητες που υπάρχουν στα ιχθυηρά επηρεάζονται κυρίως από το περιβάλλον τους και όχι από τα συγκεκριμένα είδη τους. (Liston, 1979).

1.7 ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΕΝΤΕΡΟΥ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Τα μικρόβια που βρίσκονται στα ιχθυηρά μπορεί να είναι αρκετά ποικίλα, αποτελούμενα από πρωτοκτίστα, μύκητες, ζυμομύκητες, ιούς, καθώς και μέλη των Βακτηρίων και των Αρχαίων. Από αυτά, τα βακτήρια τείνουν να είναι τα πιο διαδεδομένα στο έντερο των ιχθυηρών, και έχουν λάβει τη μεγαλύτερη προσοχή από τους ερευνητές. Οι μικροβιακές κοινότητες στο οπίσθιο τμήμα των ιχθυηρών είναι εντυπωσιακά παρόμοιες με αυτές που βρίσκονται στα θηλαστικά, σε αντίθεση με αυτές που υπάρχουν στο περιβάλλον. Τα αναερόβια βακτήρια *Bacteroidetes* και *Firmicutes phyla* είναι κυρίαρχα στο έντερο των θηλαστικών, ενώ τα *Proteobacteria* είναι πιο εμφανής στο γαστρεντερικό σωλήνα των ιχθυηρών. Στην πραγματικότητα, περίπου το 90% της εντερικής μικροχλωρίδας που παρατηρείται σε διάφορα είδη ιχθυηρών αποτελείται από *Proteobacteria*, καθώς και *Bacteroidetes* και *Firmicutes*.

Στα έντερα, η βακτηριακή χλωρίδα αποτελείται κυρίως από στελέχη *Vibrio* λόγω των χαμηλών επιπέδων οξυγόνου που υπάρχουν σε αυτό το περιβάλλον. Στα έντερα, μπορεί κανείς να συναντήσει μια ομάδα βακτηρίων που ευδοκιμούν χωρίς οξυγόνο. Αυτά τα αναερόβια βακτήρια δεν βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς και συχνά απαιτούν ειδικές τεχνικές για να απομονωθούν. Τα βακτήρια αυτά είναι το *Clostridium sporogenes*, *Cl. perfringens*, *Cl. bifermentans*, *Cl. tetani*, *Cl. tertium*, *Cl. lentoputrescens* και *Cl. Botulinum* (Sian Egerton et al., 2018)

1.8 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Ο τομέας της αλιείας είναι ιδιαίτερα προβληματικός λόγω της σημαντικής μείωσης των εμπορεύσιμων ιχθυηρών που προκαλείται από την αλλοίωση. Οι τρεις κύριοι λόγοι για την αλλοίωση οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω είναι η ενζυμική αυτόλυση, η οξειδωτική αλλοίωση και η μικροβιακή αλλοίωση.

Ενζυμική αυτόλυση : Μόλις ένα ιχθυηρό πιαστεί, υφίσταται μια σειρά από αλλαγές οι οποίες είναι χημικές και βιολογικές αντιδράσεις. Αυτές οι αλλαγές προκαλούνται κυρίως από την ενζυματική διάσπαση των κύριων μορίων των ιχθυηρών. (FAO, 2005). Η παρουσία αυτόλυτων ενζύμων έχει βρεθεί να έχει αρνητική επίδραση στην υφή των τροφίμων κατά τα αρχικά στάδια της αλλοίωσης. Αν και δεν οδηγεί στις χαρακτηριστικές δυσάρεστες οσμές και γεύσεις που συνδέονται με την αλλοίωση, μπορεί να περιορίσει τη συνολική ποιότητα και τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Αυτή η επίδραση μπορεί να συμβεί ακόμα και όταν τα επίπεδα των οργανισμών που προκαλούν αλλοίωση είναι σχετικά χαμηλά. (Hansen et al 1996) . Η ποιότητα της υφής επηρεάζεται σημαντικά, καθώς και η δημιουργία της υποξανθίνης και της φορμαλδεΐδης. Τα ένζυμα που εμπλέκονται στην πέψη προκαλούν σημαντική ποσότητα αυτόλυσης, που οδηγεί σε τρυφερότητα του κρέατος, σχίσσιμο του τοιχώματος της κοιλιάς και απελευθέρωση του νερού του αίματος που περιέχει τόσο πρωτεΐνη όσο και έλαια (FAO, 1986).

Οξειδωτική αλλοίωση: Η υποβάθμιση και η διάσπαση των πελαγικών ειδών ιχθυηρών, ιδίως του σκουμπριού και της ρέγκας, που έχουν υψηλά επίπεδα ελαίου/λίπους που αποθηκεύονται στη σάρκα τους, πηγάει σε μεγάλο βαθμό από την οξείδωση των λιπιδίων (Fraser και Sumar, 1998). Η διαδικασία της οξείδωσης λιπιδίων αποτελείται από τρία στάδια που λειτουργούν κάτω από ένα μηχανισμό ελευθέρων ριζών, δηλαδή τα στάδια έναρξης, διάδοσης και τερματισμού. (Frankel, 1985, Khayat και Schwall, 1983). Η έναρξη περιλαμβάνει το σχηματισμό των λιπιδικών ελεύθερων ριζών μέσω καταλυτών όπως η θερμότητα, τα μεταλλικά ιόντα και την ακτινοβολία . Μόλις σχηματιστούν αυτές οι ελεύθερες ρίζες, στη συνέχεια αντιδρούν με οξυγόνο, με αποτέλεσμα το σχηματισμό των υπεροξυλικών ριζών. Καθώς η διαδικασία συνεχίζεται, αυτές οι ρίζες υπεροξυλίου αντιδρούν με άλλα μόρια λιπιδίων παράγοντας υδροϋπεροξειδία και ακόμη μια ελεύθερη ρίζα. (Fraser και Sumar, 1998, Hultin, 1994).

Η διαδικασία τερματισμού λαμβάνει χώρα ως αποτέλεσμα της συσσώρευσης των ελεύθερων ριζών που συγχωνεύονται μεταξύ τους για την παραγωγή μη ριζικών ουσιών. Η χημική αντίδραση που περιλαμβάνει το οξυγόνο και τους διπλούς δεσμούς των λιπαρών οξέων είναι κοινώς γνωστή ως οξείδωση. Κατά συνέπεια, τα λιπίδια που βρίσκονται στα ιχθυηρά και αποτελούνται από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι εξαιρετικά ευάλωτα στην οξείδωση. Η ενεργοποίηση του μοριακού οξυγόνου είναι προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της οξείδωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μέταλλα μετάπτωσης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ενεργοποίηση του μοριακού οξυγόνου (Hultin, 1994).

Μικροβιακή αλλοίωση: Οι μικροοργανισμοί που ευδοκούν στο υδάτινο περιβάλλον όπου κατοικούν τα ιχθυηρά καθορίζουν τη σύνθεση της μικροχλωρίδας σε ιχθυηρά που έχουν αλιευθεί πρόσφατα. Αξιοσημείωτα βακτηριακά είδη που βρίσκονται στη μικροχλωρίδα των ιχθυηρών είναι τα *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Vibrio*, *Serratia* και *Micrococcus*. (Gram and Huss, 2000). Η αλλοίωση των ιχθυηρών προκαλείται συχνά από την ανάπτυξη και το μεταβολισμό των μικροβίων, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή διαφόρων δυσάρεστων ενώσεων όπως αμίνες, βιογενείς αμίνες, όπως η πουτρεσκίνη, η ισταμίνη και η κανταβερίνη, οργανικά οξέα, σουλφίδια, αλκοόλες, αλδεΐδες και κετόνες. Οι ενώσεις αυτές συμβάλλουν στην ανάπτυξη των off-flavors που γενικά θεωρούνται απαράδεκτες (Dalgaard et al., 2006, Emborg et al., 2005 Gram and Dalgaard, 2002). Τα μη διατηρημένα ιχθυηρά μπορούν εύκολα να αλλοιωθούν λόγω της παρουσίας ζυμωτικών βακτηρίων, ιδιαίτερα των αρνητικών κατά Gram *Vibrionaceae*. Από την άλλη πλευρά, όταν πρόκειται για διατηρημένα με απλή ψύξη ιχθυηρά, οι υπεύθυνοι της αλλοίωσης είναι τα ψυχρότροφα Gram-αρνητικά βακτήρια όπως τα *Pseudomonas spp.* και *Shewanella spp.* Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε αυτούς τους τύπους βακτηρίων για να αποτρέψουμε την αλλοίωση των ιχθυηρών (Gram and Huss, 2000). Η διαφοροποίηση μεταξύ μη αλοιογόνου μικροχλωρίδας και βακτηρίων αλλοίωσης είναι κρίσιμη, δεδομένου ότι ένα σημαντικό μέρος των βακτηρίων που βρέθηκαν δεν παίζουν πραγματικά ρόλο στην πρόκληση αλλοίωσης (Huss, 1995).

1.9 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Η ανάπτυξη μικροοργανισμών επηρεάζεται σημαντικά από το είδος της τροφής στην οποία βρίσκονται, είτε είναι φυτικής είτε ζωικής προέλευσης. Το περιβάλλον των τροφίμων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό του κατά πόσον οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν να ευδοκιμήσουν και να πολλαπλασιαστούν εντός των τροφίμων. Οι παράγοντες που καθορίζουν αν οι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν σε τέτοια τρόφιμα είναι οι ενδογενείς και οι εξωγενείς. Αυτοί οι παράγοντες είναι υπεύθυνοι για τη ρύθμιση της ανάπτυξης των μικροβίων στα τρόφιμα και των συγκεκριμένων τρόπων με τους οποίους παράγουν ενέργεια και μεταβολικά υποπροϊόντα. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

1.9.1 ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

α. Ενεργός οξύτητα του τροφίμου (pH)

Οι μικροοργανισμοί είναι μια ομάδα με ποικίλες ικανότητες ανάπτυξης και επιβίωσης σε διαφορετικά επίπεδα pH. Οι μύκητες και οι ζυμομύκητες είναι πιο ανθεκτικοί από τα βακτήρια σε όξινα περιβάλλοντα. Τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια δεν είναι τόσο ικανά να αναπτυχθούν σε όξινα περιβάλλοντα όσο τα θετικά κατά Gram. Οι μύκητες έχουν ένα μεγάλο εύρος ανοχής pH, από 1,5 έως 9,0, ενώ οι ζύμες ευδοκιμούν σε περιβάλλοντα με τιμές pH που κυμαίνονται από 2,0 έως 8,5. Τα θετικά κατά Gram βακτήρια μπορούν να ευδοκιμήσουν σε συνθήκες pH που κυμαίνονται από 4,0 έως 8,5, ενώ τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια μπορούν να επιβιώσουν αποκλειστικά σε περιορισμένο εύρος τιμών pH, από 4,5 έως 9,0. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

Τα ουδετερόφιλα ευδοκιμούν σε εύρος pH 5 έως 8.

Τα οξεόφιλα ευδοκιμούν σε pH κάτω από 5,5.

Τα αλκαλόφιλα ευδοκιμούν σε pH πάνω από 8,5.

β. ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ (aw)

Η ενεργότητα του νερού (aw) είναι η ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμη για βιολογικές λειτουργίες και μπορεί να μειωθεί από μια οσμωτική επίδραση. Το νερό στα ιχθυηρά καθίσταται διαθέσιμο με διάφορους τρόπους, όπως

1. Οι διαλυμένες ουσίες και τα ιόντα δεσμεύουν νερό στο διάλυμα.

2. Υδρόφιλα κολλοειδή

3. Το νερό της κρυστάλλωσης ή της ενυδάτωσης

Για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στα τρόφιμα, μια προσβάσιμη μορφή νερού είναι απαραίτητη. Η ενεργότητα του νερού στα τρόφιμα δηλώνεται με έναν λόγο που συγκρίνει την πίεση των υδρατμών των τροφίμων με εκείνη του καθαρού νερού στην ίδια θερμοκρασία. Ο λόγος αυτός μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ μεγαλύτερου του 0 και μικρότερου του 1, καθώς δεν είναι δυνατόν κανένα τρόφιμο να έχει υδατική δραστικότητα 0 ή 1. Στα ιχθυηρά η ενεργότητα νερού κυμαίνεται ιδανικά μεταξύ 0.98-1.00 (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Ελάχιστες, βέλτιστες και μέγιστες τιμές aw για διάφορα τροφιμογενή παθογόνα βακτήρια (ICMSF, 1996).

Μικροοργανισμοί	Ελάχιστη	Βέλτιστη	Μέγιστη
<i>Campylobacter spp.</i>	0,98	0,99	
<i>Clostridium botulinum type E</i>	0,97		
<i>Shigella spp.</i>	0,97		
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,97		
<i>Vibrio vulnificus</i>	0,96	0,98	0,99
Εντεροαιμορραγικό <i>E. coli</i>	0,95	0,99	
<i>Salmonella spp.</i>	0,94	0,99	>0,99
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,94	0,98	0,99
<i>Bacillus cereus</i>	0,93		
<i>Clostridium botulinum</i>	0,93		
<i>Clostridium perfringens</i>	0,943	0,95 – 0,96	0,97
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,92		
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,83	0,98	0,99
<i>Staphylococcus aureus</i> (τοξίνη)	0,88	0,98	0,99

γ. ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ (Eh)

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής μιας ουσίας είναι ένας επιστημονικός όρος που περιγράφει τη μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ ατόμων ή μορίων. Μετρείται σε millivolts και συνήθως γράφεται ως Eh. Όταν πρόκειται για ιχθυηρά, το δυναμικό οξειδοαναγωγής επηρεάζεται άμεσα από διάφορους παράγοντες. Όπως το pH του τροφίμου, τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου (φυσική κατάσταση, συσκευασία), την ικανότητα σθένους ή ρυθμιστική ικανότητα και τη σύνθεση του ιχθυηρού (όπως πρωτεΐνες, ασκορβικό οξύ, αναγωγικά σάκχαρα). Η τιμή Eh μεταβάλλεται διαφορετικά κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος από την αποθήκευση σε θερμοκρασία ψύξης. Η θερμοκρασία αποθήκευσης μπορεί να προκαλέσει διαφορετικούς ρυθμούς αλλαγής του Eh. Στην ψυχρή αποθήκευση επιβραδύνεται η μεταβολή της Eh στα ιχθυηρά. Οι ψυχρές θερμοκρασίες μπορούν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των ιχθυηρών και ιχθυηρών έως και εβδομάδες ή μήνες. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

δ. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Οι μικροοργανισμοί απαιτούν μια ποικιλία θρεπτικών συστατικών, όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, βιταμίνες, θείο, φώσφορο, νερό, ενέργεια, άζωτο και μέταλλα για να αναπτυχθούν και να εκτελέσουν μεταβολικές λειτουργίες. Ο καλύτερος τρόπος για να προμηθευτούν αυτά τα θρεπτικά συστατικά είναι μέσω των τροφίμων. Μερικοί μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν ανεξαρτήτως της διαθέσιμης ποσότητας των θρεπτικών συστατικών, ενώ άλλοι απαιτούν συγκεκριμένες ποσότητες για να αναπτυχθούν. Πρώτα καταναλώνονται απλοί υδατάνθρακες και αμινοξέα, ακολουθούμενα από πιο σύνθετες μορφές αυτών των θρεπτικών συστατικών. Τα Gram-θετικά βακτήρια χρειάζονται περισσότερα θρεπτικά συστατικά σε σύγκριση με τους ζυμομύκητες, ενώ τα Gram-αρνητικά βακτήρια έχουν χαμηλότερες θρεπτικές απαιτήσεις. Από όλους τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται συνήθως στα τρόφιμα, οι μύκητες έχουν τις χαμηλότερες διατροφικές ανάγκες. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

ε. ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Πολλά τρόφιμα έχουν εγγενή αντιμικροβιακά συστατικά που εμποδίζουν τη μικροβιακή προσβολή από διάφορα τροφογενή παθογόνα (Sanjogta Thapa Magar et al 2022). Εκτός από τη θερμοκρασία στην οποία αποθηκεύονται, η διαφοροποίηση της επιδερμίδας μεταξύ των διαφόρων ειδών έχει προταθεί ως ένα άλλο στοιχείο που επηρεάζει τον ρυθμό αλλοίωσης. Για παράδειγμα, ο *Merlangius merlangus* τείνει να αλλοιώνεται γρήγορα διότι διαθέτει ένα εξαιρετικά λεπτό εξωτερικό στρώμα επιδερμίδας που είναι ιδιαίτερα ευάλωτο σε ζημιές κατά τον χειρισμό. Από την άλλη πλευρά, η *Pleuronectes platessa* αλλοιώνεται αργά καθώς διαθέτει ανθεκτικό χόριο και επιδερμίδα, μαζί με ένα παχύ στρώμα βλέννας που περιέχει λυσοζύμη, προσφέροντας αντιμικροβιακές ιδιότητες (Hobbs,1991).

στ. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

Ορισμένοι τύποι τροφίμων έχουν μια βιολογική σύνθεση που αναστέλλει τη διήθηση των μικροοργανισμών. Αυτό το έμφυτο στρώμα δρα ως ασπίδα, προστατεύοντας το τρόφιμο από βλάβη και μειώνοντας την πιθανότητα μικροβιακής αποδόμησης. Παραδείγματα τέτοιων δομών περιλαμβάνουν το εξωτερικό στρώμα φρούτων, τα κελύφη ξηρών καρπών και αυγών, τη περιτονία του κρέατος και το δέρμα του, τα οποία χρησιμεύουν ως φραγμοί ενάντια στην παρείσφρηση των τροφιμογενών παθογόνων μικροοργανισμών και των μικροβίων που προκαλούν αλλοιώσεις. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022). Τα φρέσκα και ζωντανά ιχθυηρά διαθέτουν αποστειρωμένους μυς, με τα βακτήρια να κατοικούν κυρίως στο εξωτερικό τους. Ωστόσο, όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 8°C, παρατηρείται ένα ενδιαφέρον φαινόμενο, τα βακτήρια καταφέρνουν να διεισδύσουν στη σάρκα του ιχθυηρού διαπερνώντας τις ίνες κολλαγόνου (Huss, 1988).

1.9.2 ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

α. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις ενζυμικές αντιδράσεις και τη μικροβιακή ανάπτυξη. Οι ζύμες και οι μύκητες επηρεάζονται ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία, καθώς οι θερμοκρασίες ανάπτυξής τους μπορούν να κυμαίνονται μεταξύ 10 και 35 °C, υποδηλώνοντας ένα ευρύ φάσμα. Με βάση τη θερμοκρασία, τα βακτήρια μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής:

Ψυχρότροφα: Οι μικροοργανισμοί που είναι ικανοί να ανέχονται τις χαμηλές θερμοκρασίες και είναι ευρέως διαδεδομένοι είναι γνωστοί ως ψυχρότροφοι. Έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε ένα εκτεταμένο εύρος θερμοκρασιών που ξεκινά από 0 έως 20°C. Μερικά από τα παραδείγματα ψυχρότροφων είναι οι *Enterococcus spp* και *Pseudomonas spp*

Μεσόφιλα: Τα μικρόβια που ευδοκιμούν σε μέτριες θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 25°C έως 40°C είναι γνωστά ως μεσόφιλα. Η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξής τους είναι περίπου 37°C. Αξιοσημείωτα παραδείγματα τέτοιων μικροοργανισμών είναι οι *Salmonella spp*, *Staphylococcus spp*, *Clostridium spp*, *Shigella spp* και *Bacillus spp*

Θερμόφιλα: Τα μικρόβια που ευδοκιμούν σε υψηλές θερμοκρασίες άνω των 45°C είναι γνωστά ως θερμόφιλα. Το ιδανικό εύρος θερμοκρασίας για την ανάπτυξή τους είναι μεταξύ 50°C και 70°C. Παραδείγματα τέτοιων οργανισμών περιλαμβάνουν τους *Bacillus*, *Clostridium* spp και *Geobacillus*. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

β. ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Η ποιότητα και η διατήρηση των ιχθυηρών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη σχετική υγρασία (RH). Ο αντίκτυπος της RH στα ιχθυηρά είναι πολλαπλός. Η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι μια τέτοια πτυχή που επηρεάζεται από τα επίπεδα RH στο περιβάλλον. Τα ιχθυηρά, που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, μπορούν να απορροφήσουν υγρασία από τον περιβάλλοντα αέρα όταν εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα υγρασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία, οδηγώντας σε διάφορα

ζητήματα όπως το μαλάκωμα της σάρκας, η ευπάθεια αλλοίωσης και η μειωμένη διάρκεια ζωής. (Sanjogta Thapa Magar et al 2022).

1.10 ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ

Ο όρος «εμπορική διάρκεια ζωής» αναφέρεται στην περίοδο κατά την οποία ένα συγκεκριμένο είδος τροφίμου διατηρεί την καταλληλότητά του για ανθρώπινη κατανάλωση. Όταν πρόκειται για ιχθυηρά, η διάρκεια ζωής τους καθορίζεται από τη διάρκεια μεταξύ του χρόνου που αλιεύονται από το νερό και του χρόνου που γίνεται ακατάλληλο για κατανάλωση. Όσον αφορά το εμπόριο, η διάρκεια ζωής των νωπών και κατεψυγμένων ιχθυηρών είναι μια κρίσιμη πτυχή που πρέπει να εξεταστεί. Η γνώση του εναπομένου χρόνου διατήρησης επιτρέπει στους μεταποιητές και τους εμπόρους λιανικής πώλησης να προγραμματίζουν τη διάρκεια για την οποία ένα προϊόν μπορεί να αποθηκευτεί και να πωληθεί, επιτρέποντάς τους έτσι να ασκούν μεγαλύτερο έλεγχο στην αγορά τους. Με την παράταση της διάρκειας ζωής των ιχθυηρών κατά μία ή δύο ημέρες, η αγορά μπορεί να επωφεληθεί από καλύτερες τιμές και να εξασφαλίσει περισσότερες πωλήσεις. (John P. Doyle 1989)

1.11 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Η αποτελεσματική συσκευασία των ιχθυηρών είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας, της φρεσκάδας και της ασφάλειας των ιχθυηρών ανά πάσα στιγμή, από την αποθήκευση μέχρι τη μεταφορά και την πώληση. Οι τεχνολογίες συσκευασίας διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό της διάρκειας ζωής των νωπών ιχθυηρών. Ο πρωταρχικός στόχος κάθε συστήματος συσκευασίας για τα ευπαθή είδη διατροφής είναι να παρεμποδίσει την εμφάνιση δυσμενών αλλαγών στην εμφάνιση, τη γεύση, την οσμή και την υφή τους. Η ασφάλεια των τροφίμων αποτελεί μείζονα ανησυχία όσον αφορά το κρέας και τα προϊόντα του, καθώς η μικροβιακή μόλυνση, καθώς και η οξείδωση λιπιδίων και πρωτεϊνών, αποτελούν σημαντικά ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Μερικά παραδείγματα των δημοφιλών επιλογών συσκευασίας ιχθυηρών είναι :

Αερόβια συσκευασία: Η αερόβια συσκευασία για τη διατήρηση των ιχθυηρών περιλαμβάνει τη διατήρηση των ιχθυηρών σε περιβάλλον πλούσιο σε οξυγόνο κατά την αποθήκευση και τη συσκευασία. Ο κύριος στόχος αυτής της μεθόδου είναι να διατηρήσει το ψάρι φρέσκο και να διατηρήσει την ποιότητά του, επιτρέποντας παράλληλα μια ελεγχόμενη ανταλλαγή οξυγόνου.

Συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας: Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας περιλαμβάνει την συσκευασία ενός τροφίμου σε μία ατμόσφαιρα που έχει διαφορετική σύσταση από αυτή του αέρα. Υπάρχουν δύο μορφές τροποποιημένης ατμόσφαιρας εκείνη της συσκευασίας υπό κενό (vacuum packaging) και αυτή της συσκευασίας όπου γίνεται εμφύσηση αέριου μίγματος (gas -flush packaging).

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) όπου γίνεται εμφύσηση αέριου μείγματος είναι μια σημαντική τεχνολογία στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων, και έχει αντικαταστήσει τις παραδοσιακές μεθόδους διατήρησης και μετακίνησης των ευπαθών ειδών διατροφής. Η τεχνική με εμφύσηση αερίου περιλαμβάνει την αλλαγή της σύνθεσης του αέρα γύρω από το προϊόν διατροφής και οδηγεί σε μια ατμόσφαιρα που επιβραδύνει την αλλοίωση και ενισχύει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του, όπως η ανώτερη ποιότητα προϊόντων, η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και η μειωμένη σπατάλη τροφίμων, η MAP έχει αποκτήσει τεράστια δημοτικότητα τα τελευταία χρόνια. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι μια εξαιρετική προσέγγιση για να εξασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα παραμένουν στη βέλτιστη κατάστασή τους και έχουν μια εκτεταμένη διάρκεια ζωής.

Συσκευασία υπό κενό: Η συσκευασία υπό κενό είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται και περιλαμβάνει την εξάλειψη του αέρα από τη συσκευασία πριν από τη σφράγιση. Η τεχνική αυτή απαιτεί την τοποθέτηση των προβλεπόμενων ειδών σε συσκευασία κατασκευασμένη από πλαστικό φιλμ, ακολουθούμενη από την απομάκρυνση του αέρα από το εσωτερικό, και τελικά τη σφράγιση της συσκευασίας. Η συσκευασία υπό κενό γίνεται για να παρατείνει τη φρεσκάδα των τροφίμων. Επιπλέον, αυτή η τεχνική μπορεί να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση του όγκου του περιεχομένου και της συσκευασίας στην περίπτωση των εύκαμπτων μορφών συσκευασίας.

1.12 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ

Η διαδικασία των βακτηριακών και φυσικοχημικών αλλαγών που μεταβάλλουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ιχθυηρών σε τέτοιο βαθμό ώστε να καθίστανται अपαράδεκτα για κατανάλωση ονομάζεται αλλοίωση . Τα νωπά αλιευτικά προϊόντα υπόκεινται συχνά σε μεταβολές που οφείλονται κυρίως στην παρουσία μικροοργανισμών. Αυτοί οι μικροοργανισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στην αλλοίωση των προϊόντων και μπορούν να εντοπιστούν μέσω διαφόρων εκδηλώσεων. Σε αυτές περιλαμβάνονται η ορατή ανάπτυξη (επιφανειακή βλέννα, αποικίες) , η μεταβολή της υφής (αποικοδόμηση πρωτεϊνών) και η δυσάρεστη , απωθητική οσμή και γεύση (συγκέντρωση βακτηριακών μεταβολιτών). Αξίζει να σημειωθεί ότι συχνά οι αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται ταχύτερα από τους παθογόνους και αλλοιώνουν τα ιχθυηρά πριν αυτά καταστούν τοξικά.

1.13 ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Από την πληθώρα των βακτηριακών στελεχών που απομονώνονται από την εντερική χλωρίδα και κατά συνέπεια, αποτελούν το κοινό μικροβιόκοσμο, μόνο λίγα από αυτά συμμετέχουν ενεργά στο μεταβολισμό των μεταβολικών προϊόντων. Ως εκ τούτου, η σύνθεση αυτού του κοινόχρηστου μικροβιόκοσμου (σε αντίθεση με τα παθογόνα βακτήρια) δεν συσχετίζεται απαραίτητα με το μεταβολικό προφίλ της συνολικής μικροβιακής κοινοπραξίας (Jay et al., 2005).

Ορισμένα βακτήρια, παρά την ικανότητά τους να παράγουν δύσοσμοις μεταβολίτες , δεν είναι σε θέση να το κάνουν υπό τις συνθήκες που επικρατούν στο προϊόν. Ωστόσο, ορισμένα βακτήρια παράγουν δύσοσμες ενώσεις σε αλλοιωμένο μυϊκό ιστό, αλλά μόνο όταν δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες από άλλα συστατικά της χλωρίδας, όπως η διάσπαση των υποστρωμάτων και η απομάκρυνση του οξυγόνου. Ως εκ τούτου, η ικανότητα ενός παθογόνου να παράγει μεταβολικά υποπροϊόντα αξιολογείται σε ανταγωνιστικά περιβάλλοντα με τυπική χλωρίδα αλλοίωσης. Η αλληλεπίδραση μεταξύ μικροβιακών ομάδων μπορεί να επηρεάσει τη μεταβολική δραστηριότητα και την ανάπτυξη. Κατά συνέπεια, η χλωρίδα αλλοίωσης δεν πρέπει να συγχέεται με τους ειδικούς οργανισμούς αλλοίωσης (SSOs) που παράγουν χαρακτηριστικές οσμές.

Συνήθως, οι οργανισμοί αυτοί αποτελούν ένα μικρό κλάσμα της αρχικής χλωρίδας και σε πολλές περιπτώσεις αντιπροσωπεύουν ένα μοναδικό είδος. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες pH, θερμοκρασίας και ατμόσφαιρας, οι SSOs μπορούν να πολλαπλασιαστούν ταχύτερα από την υπόλοιπη χλωρίδα, φτάνοντας σε επίπεδα $\geq 10^7$ CFU g⁻¹ (Dalgaard, 2003).

Όταν εξετάζονται τα μεταβολικά υποπροϊόντα των αλλοιωμένων ιχθυηρών, είναι σημαντικό να σημειώνονται τα βακτηριακά είδη που συνήθως σχετίζονται με την αλλοίωση των νωπών ιχθυηρών στον πάγο (αερόβιες συνθήκες). Σε αυτά περιλαμβάνονται τα βακτήρια *Shewanella* και *Pseudomonas* με τα *Shewanella putrefaciens* και *S. baltica* να κυριαρχούν στα ιχθυηρά που αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 0-2°C. Επιπλέον, ορισμένα στελέχη της *Pseudomonas* όπως το *P. fragi*, είναι γνωστό ότι είναι ειδικοί οργανισμοί αλλοίωσης σε ιχθυηρά γλυκού νερού. Σε θερμότερα κλίματα, η αερόβια αλλοίωση οφείλεται κυρίως σε *Pseudomonas spp* συχνά σε συνδυασμό με *Shewanella* (Leisner & Gram, 1999). Τα είδη *Pseudomonas* παράγουν πτητικές ενώσεις και αμμωνία. Από την άλλη πλευρά, τα είδη *Shewanella spp.* παράγουν ισχυρές αμμωνιακές και υδροθειούχες οσμές (Lougonois & Kyraa, 2005). Αντίθετα, τα *Psychrobacter* και *Acinetobacter*, τα οποία απομονώνονται συχνά από μεγάλο αριθμό δειγμάτων, δεν παράγουν σημαντικά μεταβολικά παραπροϊόντα και η συμμετοχή τους στην αλλοίωση θεωρείται αμελητέα, παρά την ικανότητά τους να αναπτύσσονται καλά σε χαμηλές θερμοκρασίες (Dalgaard, 2003). Σε περιβάλλοντα με περιορισμένη διαθεσιμότητα οξυγόνου, ο πληθυσμός των *Pseudomonas spp.* μειώνεται. Αντίθετα, τα προαιρετικά αναερόβια βακτήρια, όπως το *S. putrefaciens* και το *Photobacterium phosphoreum* τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν το οξείδιο της τριμεθυλαμίνης ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων στον αναερόβιο μεταβολισμό, αυξάνονται σε επίπεδα που κυμαίνονται από 10⁶-10⁸ CFU g⁻¹ (Leisner & Gram, 1999).

Η παρουσία της ένωσης συνοδεύεται από σημαντική παραγωγή τριμεθυλαμίνης και έντονες οσμές αμινών, με αποτέλεσμα την αισθητή παράταση της διάρκειας ζωής των ιχθυηρών. Τα ιχθυηρά του ψυχρού νερού, τα οποία συσκευάζονται σε κενό αέρος (VP) και αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες, επηρεάζονται από αυτά τα δύο είδη βακτηρίων και η διαφορά μεταξύ των αρχικών πληθυσμών τους είναι αυτή που καθορίζει ποιο από τα δύο είδη κυριαρχεί (Gram & Huss, 1996). Η υψηλή συγκέντρωση CO₂ περιορίζει σημαντικά την ανάπτυξη των αναπνευστικών οργανισμών (*Pseudomonas*

spp., *S. putrefaciens*, *S. baltica*) και ο πληθυσμός τους σπάνια υπερβαίνει τα 10^5 - 10^6 CFU g^{-1} (Gram & Huss, 1996. Stamatis & Arkoudelos, 2007. Ravi Sankar et al., 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ

2.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ

Τα θαλασσινά είναι ένα εξαιρετικά ευαίσθητο τρόφιμο, και η αλλοίωση προκαλείται είτε από τη μικροβιακή δραστηριότητα, είτε την αυτόλυση είτε την χημική οξείδωση. Από αυτά, η μικροβιακή δραστηριότητα είναι η πιο σημαντική αιτία αλλοίωσης, με τα Gram-αρνητικά βακτήρια να είναι οι πιο κοινοί ένοχοι. Οι μεταβολικές τους διεργασίες οδηγούν στην ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών και γεύσεων στα θαλασσινά, καθιστώντας τα ακατάλληλα για κατανάλωση. Τα κυρίαρχα βακτήρια αλλοίωσης περιγράφονται παρακάτω.

2.1.1. SHEWANELLA

Η *Shewanella*, είναι ένας τύπος βακτηρίου που ανήκει στην οικογένεια Shewanellaceae και μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας αρνητικός κατά Gram, ραβδοειδής και κινητικός μικροοργανισμός που δεν ζυμώνει την γλυκόζη. Είναι επίσης γνωστό ότι είναι θετικό στην οξειδάση και θετικό στην καταλάση. Τυπικά, η *Shewanella* βρίσκεται σε υδάτινα περιβάλλοντα. (Satomi et al., 2007; Wright et al., 2016). Τα ψυχρότροφα μέλη του γένους, συμπεριλαμβανομένων των *S. Putrefaciens*, *S. baltica* και *S. proteamaculans*, τα οποία επίσης αναφέρονται ως *S. liquefaciens-like*, έχουν την ικανότητα να παράγουν H₂S ως ένδειξη της αλλοίωσης των θαλασσινών σε χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης. (Zhu et al., 2015). Τα μέλη αυτού του γένους έχουν απομονωθεί από τον ψυχρό καπνιστό σολομό (Joffraud et al., 2006), τις γαρίδες (Jaffrès et al., 2009), τις μαγειρεμένες γαρίδες (Mace et al., 2014), τα στρείδια (Richards et al., 2008) και τα αποθηκευμένα ιχθυηρά σε πάγο (Vogel et al., 2005).

Η συσκευασία υπό κενό (VP) ή η τροποποιημένη ατμοσφαιρική συσκευασία (MAP) μπορεί να οδηγήσει στην αλλοίωση των θαλασσινών λόγω της παρουσίας αυτών των μικροοργανισμών. (Gram and Melchiorson, 1996). Η *Shewanella* βρίσκεται συχνά στα θαλασσινά και τείνει να παράγει ενώσεις που προκαλούν δυσάρεστες οσμές όπως η τριμεθυλαμίνη και η διμεθυλαμίνη. Αυτές οι ενώσεις είναι γνωστό ότι προκαλούν

αλλοίωση και επηρεάζουν τη συνολική ποιότητα των θαλασσινών. (Satomi et al., 2007). Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξής τους σε δείγματα θαλασσινών, οι οργανισμοί αυτοί έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν το γαλακτικό ως πηγή άνθρακα. (Koutsoumanis και Nychas, 1999).

2.1.2. PSEUDOMONAS

Οι *Pseudomonas* spp. είναι αρνητικό κατά Gram και αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Απαιτεί επίσης οξυγόνο για να επιβιώσει και δεν ζυμώνει τα σάκχαρα. Όταν πρόκειται για την αναγνώριση του, μπορεί να προσδιοριστεί από την κινητικότητά του, καθώς και με μια θετική αντίδραση στη δοκιμή οξειδάσης. (Heller et al., 1990).

Διάφοροι τύποι βακτηρίων, όπως τα *P. fragi*, *P. putida*, *P. fluorescens* και *P. vranovensis*, συχνά ταυτοποιούνται και συνδέονται με την υποβάθμιση των θαλασσινών. (Macé et al., 2012a). Ωστόσο, το *P. fluorescens* έχει πιο έντονη παρουσία σε φρέσκα και σε αλλοιωμένα θαλασσινά από άλλα είδη (Parlapani, Kormas, et al., 2015).

Είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το *Pseudomonas* spp. από αναμειγμένα δείγματα θαλασσινών σε επιλεκτικό υπόστρωμα *Pseudomonas* Selective Agar (CFC) το οποίο έχει εμπεριέχει τα αντιβιοτικά κεφτριμίδη-φουκιδίνη-κεφαλοριδίνη (Miks-Krajnik et al., 2016).

Οι *Pseudomonas* spp., παράγουν 3-μεθυλο-1-βουτανόλη, 2-αιθυλο-1-εξανόλη, 3-μεθυλοβουτανάλη, ισοαμυλοβουτυρικό οξύ και αλδεΐδες ως μεταβολίτες στα θαλασσινά. (Miks-Krajnik et al., 2016; Parlapani, Kormas, κ.ά., 2015).

2.1.3 PHOTOBACTERIUM

Το *Photobacterium* ανήκει στην οικογένεια Vibrionaceae και είναι ένα Gram-αρνητικό βακτήριο που έχει δυνατότητα κίνησης, είναι ψυχρότροφο και απαντάται συνήθως σε θαλάσσια περιβάλλοντα. (Jérôme et al. 2016).

Το γένος αυτό αποτελείται από *P. phosphoreum*, *P. iliopiscarium*, *P. Aquimaris*, *P. Piscicola* και *P. Kishitanii* (Figge et al., 2014). Ωστόσο, το *P. phosphoreum* σχετίζεται περισσότερο με την αλλοίωση θαλασσινών από άλλα τρόφιμα (Macé et al., 2013).

Η ανίχνευση των βακτηρίων *Photobacterium* στα θαλασσινά είναι δύσκολη λόγω της μη διαθεσιμότητας προσαρμοσμένου άγαρ ανάπτυξης. Αυτή η έλλειψη καθιστά δύσκολη την παρακολούθηση και τη ρύθμιση της παρουσίας αυτών των βακτηρίων στα θαλασσινά. (Macé et al., 2013).

Το εν λόγω γένος έχει μια χαρακτηριστική ποιότητα βιοφωταύγειας που το καθιστά εύκολα διακριτό σε υποστρώματα με άγαρ, ιδιαίτερα όταν παρατηρείται σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Δυστυχώς, αυτή η βιοφωταύγεια τείνει να εξασθενεί μετά από περίπου τρεις ημέρες επώασης, καθιστώντας τη διαδικασία ταυτοποίησης αρκετά δύσκολη. (Figge et al., 2014; Flodgaard et al., 2005; Urbanczyk et al., 2012).

Η ανίχνευση με βάση την αγωγιμότητα έχει παρατηρηθεί σε περιορισμένο αριθμό ερευνών για την καταμέτρηση του γένους του *P. phosphoreum* που υπάρχει στα θαλασσινά. (Dalgaard et al., 1996; Emborg et al., 2002).

Μελέτες έχουν εντοπίσει ότι το *P. Phosphoreum* δρα ως ένα μικρόβιο που προκαλεί αλλοίωση στα θαλασσινά, συμπεριλαμβανομένων των ιχθυηρών και του σολομού. Είναι ενδιαφέρον ότι αυτό το βακτήριο μπορεί να ευδοκιμήσει ακόμη και σε συνθήκες υψηλού CO₂ (Gornik et al., 2013a), ως εκ τούτου παίζει σημαντικό ρόλο στα συσκευασμένα θαλασσινά (Pennacchia et al., 2011).

Το *P. Phosphoreum* είναι ευαίσθητο στη θερμότητα, μπορεί να αναπτυχθεί μόνο σε > 25 °C και απαιτεί χλωριούχο νάτριο (NaCl) για ανάπτυξη, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η ανάπτυξη της καλλιέργειας για την απαρίθμηση αυτού του βακτηρίου στα θαλασσινά (Nieminen et al., 2016).

2.1.4 *BROCHOTHRIX THERMOSPACTA*

Το *Brochothrix thermosphacta* είναι ένα βακτήριο που ευδοκιμεί σε χαμηλές θερμοκρασίες. Παρόλο που στερείται κινητικότητας και ικανότητας να σχηματίζει σπόρια, παίρνει ένα ξεχωριστό ραβδοειδές σχήμα. Ως θετικός κατά Gram

μικροοργανισμός είναι ιδιαίτερα ικανός να αναπτυχθεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, καθιστώντας τον ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον θέμα για την επιστημονική μελέτη. (Mamlouk et al., 2012; Nowak et al., 2012).

Το βακτήριο μπορεί να αναπτυχθεί υπό αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες (Casaburi et al., 2014). Έχει ανιχνευθεί στα συσκευασμένα ωμά ή μαγειρεμένα θαλασσινά (Drosinos and Nychas, 1996; Drosinos et al., 1997; Fall et al., 2010; Jaffres et al., 2009).

Το θρεπτικό υπόστρωμα Streptomycin Thallous Acetate Actidione (STAA) είναι η προτιμώμενη μέθοδος ανίχνευσης για το *B. thermosphacta* στα θαλασσινά λόγω της μοναδικής αντοχής του στο αντιβιοτικό στρεπτομυκίνη, το οποίο είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό στην αναστολή της ανάπτυξης άλλων τύπων βακτηρίων, τόσο θετικών κατά Gram όσο και αρνητικών κατά Gram. Υπό αερόβιες συνθήκες, ο *B. thermosphacta* παράγει οσμές καραμέλας (2,3-βουτανοδιόνη) σε θαλασσινά (Laursen et al., 2006).

2.1.5 PSYCHROBACTERIUM

Το *Psychrobacter*, ένα γένος βακτηρίων, βρίσκεται συνήθως στα θαλασσινά και το κρέας. Χαρακτηρίζονται ως αρνητικά κατά Gram, ψυχοτρόφα, μη κινητικά, θετικά στην οξειδάση, ραβδοειδή, αερόβια και ωσμοανεκτικά. Αυτά τα ανθεκτικά βακτήρια είναι ικανά να ευδοκιμήσουν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. (Bowman, 2006; Juni και Heym, 1986).

Τα μέλη αυτού του γένους περιλαμβάνουν τα *Psychrobacter immobilis*, *Psb. cibarius*, *Psb. maritimus*, *Psb. proteolyticus* και *Psb. fozii* (Broekaert et al., 2011; Broekaert et al., 2013a) και βρίσκονται σε θαλασσινά όπως σκουμπρί, πεσκαντρίτσα, αστακό, στρείδια και μπακαλιάρο του Ατλαντικού (Broekaert et al., 2011; Fjellheim et al., 2007; Meziti et al., 2001 Prapaiwong et al., 2009· Wilson et al., 2008a).

Τα στελέχη του *Psychrobacter*, ιδιαίτερα το *Psb. immobilis*, παρουσιάζουν την ικανότητα να διασπάσουν τα λιπίδια και να υδρολύουν τα αμινοξέα, με αποτέλεσμα μια ήπια δυσάρεστη οσμή που θυμίζει μούχλα (Broekaert et al., 2013a; Prapaiwong et al., 2009). Στερούνται πρωτεάσης και δεν μπορούν να παράγουν σουλφίδια (Gennari et al., 1992).

Τα θαλασσινά που παράγονται από αυτό το γένος τείνουν να έχουν μερικές πτητικές οργανικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις περιλαμβάνουν 2, 3-διμεθυλ-οξιράνιο, 2-βουτανόνη, 2-φορμυλισταμίνη, 2-μεθυλο-2-προπανόλη και ακεταλδεΐδη.

Τα είδη του *Psychrobacter* καταστέλλονται εύκολα ή αναστέλλονται από άλλα βακτήρια αλλοίωσης (Rodriguez-Calleja et al., 2005), ενώ το δυναμικό αλλοίωσης θαλασσινών ειδών του *Psychrobacter* θα μπορούσε να ανυψωθεί όταν συνκαλλιεργηθεί με άλλα βακτήρια αλλοίωσης όπως το *Pseudoalteromonas* (Joffraud et al., 2001).

2.1.6 PSEUDOALTERONOMONAS

Τα *Pseudoalteromonas* είναι ένας τύπος βακτηρίων που ευδοκίμουν σε περιβάλλοντα πλούσια σε οξυγόνο. Έχουν ένα ενιαίο πολικό έμβολο και έχουν σχήμα ράβδου. Ως ετεροτρόφοι, βασίζονται στην οργανική ύλη για συντήρηση και είναι ικανοί να επιβιώσουν σε συνθήκες υψηλού αλατιού. Επιπλέον, τα *Pseudoalteromonas* είναι θετικά για την οξειδάση και την καταλάση και δεν ζυμώνουν τη γλυκόζη. Αυτά τα Gram-αρνητικά βακτήρια βρίσκονται συνήθως σε θαλάσσια ενδιαιτήματα. (Broekaert et al., 2011; Isnansetyo and Kamei, 2003; Matsuyama et al., 2014; Romanenko et al., 2003).

Το γένος αποτελείται από 39 είδη και δύο υποείδη μεταξύ των οποίων είναι τα *Pseudoalteromonas nigrifaciens*, *Psa. elyakovii*, *Psa. paragorgicola*, *Psa. undina*, *Psa. haloplanktis*, *Psa. ruthenica*, *Psa. agarivorans*, *Psa. Donghaensis* (Ivanova et al., 2002; Matsuyama et al., 2013; Oh et al., 2011; Pujalte et al., 2007; Romanenko et al., 2003).

Το Marine Agar έχει χρησιμοποιηθεί για να απομονώσει μέλη αυτού του γένους από διάφορες πηγές, όπως θαλασσινό νερό και ιζήματα. (Matsuyama et al., 2013; Pujalte et al., 2007; Zhao et al., 2014a). Παράγουν ένζυμα όπως λιπάση (Xu et al., 2010), χιτινάση, αμυλάση και πρωτεάση (Ivanova et al., 2003) και ανασταλτικές βιοδραστικές ουσίες (Thomas et al., 2008).

Η αλλοίωση των θαλασσινών έχει προσελκύσει την προσοχή τον τελευταίο καιρό λόγω ορισμένων ειδών. Ειδικότερα, στις μαγειρεμένες γαρίδες κυριαρχούν οι *Psa. elyakovii*, *Psa. paragorgicola* και *Psa. nigrifaciens* κατά την αερόβια αποθήκευση. (Broekaert et al., 2013b).

2.1.7 CARNOBACTERIUM

Το *Carnobacterium* είναι ένα γένος που αποτελείται από βακτήρια γαλακτικού οξέος που δεν έχουν καμία κινητικότητα, αρχικά πιστευόταν ότι αποτελεί ευεργετική παρουσία στα θαλασσινά, δρώντας ως βιοπροστατευτικός παράγοντας. Ωστόσο, μεταγενέστερες παρατηρήσεις αποκάλυψαν ότι τα βακτήρια αυτά είναι υπεύθυνα για την αλλοίωση των θαλασσινών που συσκευάζονται υπό κενό ή σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. (Afzal et al., 2010; Dalgaard et al., 2003; Laursen et al., 2005b). Τα είδη αυτού του γένους, *C. maltaromaticum*, *C. devigens*, *C. alterfunditum*; όπως, *C. jeotgali*, *C. iners*, *C. mobile* έχουν συνδεθεί με την αλλοίωση των θαλασσινών (Calliauw et al., 2016; González et al., 2000; Jaffres et al., 2009; Laursen et al., 2006).

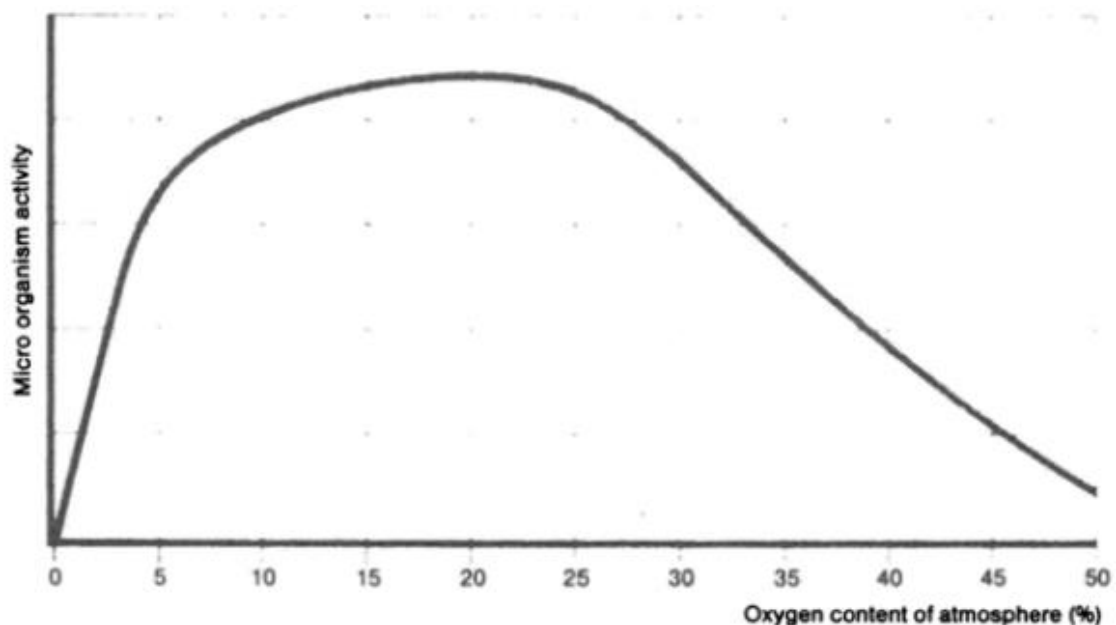
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Α. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΑ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Α.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η αερόβια συσκευασία για τη διατήρηση των ιχθυηρών περιλαμβάνει τη διατήρηση των ιχθυηρών σε περιβάλλον πλούσιο σε οξυγόνο κατά την αποθήκευση και τη συσκευασία.

Ο κύριος στόχος αυτής της μεθόδου είναι να διατηρήσει το ψάρι φρέσκο και να διατηρήσει την ποιότητά του, επιτρέποντας παράλληλα μια ελεγχόμενη ανταλλαγή οξυγόνου. Η αερόβια συσκευασία των νωπών ιχθυηρών οδηγεί στην ανάπτυξη αλλοιογόνου μικροχλωρίδας.



ΕΙΚΟΝΑ 3: Η ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΒΙΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΌΠΩΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΑΠΌ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΌΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΌΣΦΑΙΡΑΣ ΣΕ ΟΞΥΓΌΝΟ Πηγή: R. T. Parry , Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods, Dec. 2012, Springer Science & Business Media, pg. 8

A.2. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΕ ΝΩΠΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΠΟΥ ΔΙΑΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ

Κατά την αποθήκευση του νωπού ιχθυηρού σε αερόβιες συνθήκες οι μικροοργανισμοί που προκαλούν αλλοιώσεις αποτελούνται συνήθως από gram-αρνητικά είδη που χρειάζονται οξυγόνο για να επιβιώσουν. Τα τρία πιο κοινά γένη είναι τα *Pseudomonas*, *Moraxella* και *Acinetobacter* (Ingram, M., and R. H. Dainty. 1971). Αυτοί οι οργανισμοί απαιτούν οξυγόνο για να επιβιώσουν και κατά προτίμηση διαθέσιμη γλυκόζη για να καταναλώσουν, η οποία βρίσκεται σε μικρές ποσότητες μέσα στον μυϊκό ιστό που έχει φυσιολογικό pH 5,5 ή υψηλότερο. Μόλις η γλυκόζη καταναλωθεί, τα βακτήρια θα αρχίσουν να μεταβολίζουν αμινοξέα αντί αυτής, τα οποία παράγουν εξαιρετικά δυσάρεστα παραπροϊόντα όπως αμμωνία, αμίνες και οργανικά θειούχα (Jacoby, G. A. 1964).

Όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα πέφτει στο 1%, τότε οι *Pseudomonas* ευδοκιμούν και αναπτύσσονται με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό. (Clark and Burki, 1972). Για να διατηρηθεί το χρώμα του κρέατος, η αύξηση της στάθμης του οξυγόνου στο περιβάλλον συσκευασίας δεν επιταχύνει τη διάσπαση που προκαλείται από τα μικρόβια. Ωστόσο, αν ο στόχος είναι να παραταθεί η διάρκεια διατήρησης του κρέατος, είναι επιτακτική ανάγκη να ανασταλεί ο ταχύς πολλαπλασιασμός των *Pseudomonas* (Gill and Tan, 1980).

A.3 ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΛΙΠΙΔΙΩΝ – ΤΑΓΓΙΣΗ ΣΕ ΙΧΘΥΗΡΑ

Η διαδικασία της οξείδωσης των λιπιδίων έχει μεγάλη σημασία για τον προσδιορισμό της ποιότητας των διαφόρων τροφίμων, ιδιαίτερα εκείνων που αποτελούνται από πολύ ακόρεστα λίπη και συντηρούνται σε αερόβιες συνθήκες καθώς είναι περισσότερο επιρρεπής στην οξείδωση των λιπιδίων τους. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να οδηγήσει σε πολλές δυσμενείς επιπτώσεις, όπως η μείωση των ποιοτικών προτύπων, η εμφάνιση ανεπιθύμητης γεύσης και οσμής, η μείωση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, η απώλεια απαραίτητων θρεπτικών συστατικών (όπως πολυακόρεστα λιπαρά οξέα ή PUFA) και ακόμη και ο σχηματισμός επιβλαβών ενώσεων, προκαλώντας σωρεία επιζήμιων συνεπειών για τους καταναλωτές.

Τα λιπίδια των ιχθυηρών και των θηλαστικών είναι ανόμοια. Η πρωταρχική διαφορά είναι ότι τα λιπίδια των ιχθυηρών έχουν υψηλή ποσότητα λιπαρών οξέων μακράς αλύσου, τα οποία είναι σημαντικά ακόρεστα, αποτελούμενα έως και 40% (14-22 άτομα άνθρακα). Αντίθετα, το λίπος των θηλαστικών δεν περιέχει περισσότερους από δύο διπλούς δεσμούς σε κάθε μόριο λιπαρών οξέων. Τα λίπη ιχθυοαποθεμάτων, από την άλλη πλευρά, περιέχουν διάφορα λιπαρά οξέα με πέντε ή έξι διπλούς δεσμούς. Επιπλέον, τα ιχθυέλαια έχουν άλλα απαραίτητα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, όπως εικοσαπενταενοϊκό και εικοσιεξανοϊκό οξύ. (Simopoulos 1991)

Έρευνα της EFSA δείχνει ότι η ημερήσια πρόσληψη 250-500mg EPA + DHA μειώνει τον κίνδυνο θνησιμότητας από στεφανιαία νόσο και αιφνίδιο καρδιακό θάνατο. Αυτό υποστηρίζει προηγούμενα ευρήματα ότι η EPA στο αίμα είναι ένας εξαιρετικά ισχυρός αντιθρομβωτικός παράγοντας. (Simopoulos 1991)

Παρά τη σημασία τους, τα λιπαρά οξέα μακράς αλύσου είναι εξαιρετικά ευάλωτα στην αποικοδόμηση, ειδικά στην οξειδωση. Μελέτες έχουν δείξει ότι η διάσπαση των λιπιδίων στα τρόφιμα, ιδιαίτερα των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που βρίσκονται στα ιχθυηρά, είναι στενά συνδεδεμένη με την ανάπτυξη δυσάρεστων συστατικών γεύσης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη ποιότητα κατά την αποθήκευση, απώλεια θρεπτικής αξίας, ακόμη και τη δημιουργία αντι-θρεπτικών ουσιών.

A.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Η σύνθεση του ιχθυηρού δεν χρειάζεται να αναλυθεί για την εκτίμηση της αλλοίωσης. Η βασική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η πυκνότητα των βακτηριακών κυττάρων, καθώς η αλλοίωση θα συμβεί όταν ο αριθμός υπερβεί τα 10^8 κύτταρα/g. Με την αξιολόγηση της πυκνότητας των κυττάρων και την εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης των μικροβίων αλλοίωσης στην αναμενόμενη θερμοκρασία αποθήκευσης, μπορεί κανείς να καθορίσει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Η εκτίμηση της πυκνότητας των κυττάρων είναι ένα απλό έργο που μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από τις γρήγορες μεθόδους που αναπτύχθηκαν για την εκτίμηση των βακτηριακών πληθυσμών. Μια πρόχειρη εκτίμηση της τάξης μεγέθους

είναι επαρκής για το σκοπό αυτό. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πιο πιθανή πηγή σφάλματος είναι η ανακριβής εκτίμηση της διάρκειας ζωής σε θερμοκρασία ψύχους. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν η μικροχλωρίδα αποτελείται κυρίως (>90%) από μεσόφιλα βακτήρια, τα οποία κυριαρχούν πριν αρχίσει η ανάπτυξη των ψυχροτρόπων και δεν συμβάλλουν στην αλλοίωση. Αυτό το ζήτημα μπορεί να επιλυθεί σε κάποιο βαθμό με τη χρήση της δοκιμής LAL, επειδή εκτιμά μόνο τα gram-αρνητικά βακτήρια, ενώ οι περισσότεροι μεσοφιλικόι ρύποι είναι gram-θετικά βακτήρια (Newton, K. G., και W. J. Rigg 1979).

A.5 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΝΩΠΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΔΙΑΤΗΡΟΥΜΕΝΑ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.

Στα νωπά ιχθυηρά οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται πρώτοι κατά την συντήρηση τους σε θερμοκρασίες ψύξης είναι οι ψευδομονάδες οι οποίες αποικοδομούν την γλυκόζη του ιχθυηρού. Ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων επηρεάζεται από την ποσότητα του διαθέσιμου οξυγόνου. Επίσης κατά την αερόβια αποθήκευση ο *Brochothrix thermophacta* αναπτύσσεται καθώς χρησιμοποιεί την γλυκόζη και το γλουταμινικό οξύ. Αντίθετα όμως από τις ψευδομονάδες ο ρυθμός ανάπτυξης του είναι αργός.

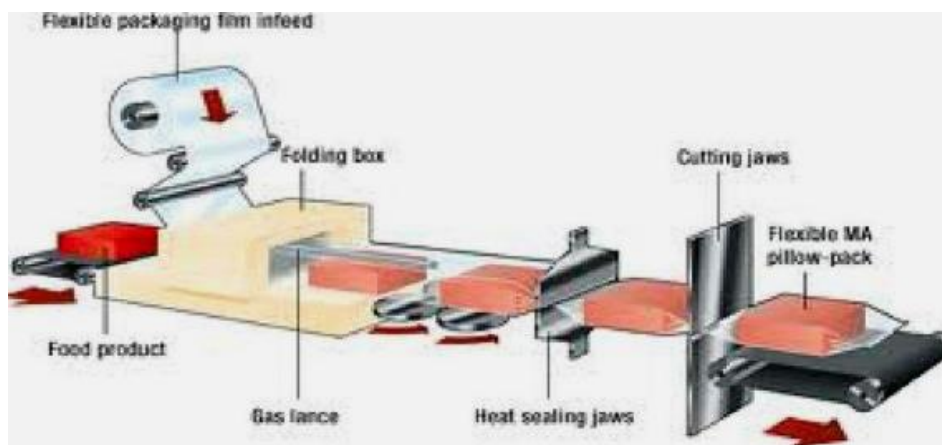
Λόγω του μεταβολισμού των αμινοξέων τα ιχθυηρά εμφανίζουν δυσάρεστες οσμές καθώς εξαντλούνται τα διαθέσιμα σάκχαρα τους κάτι που συμβαίνει όταν ο πληθυσμός στην επιφάνεια του ιχθυηρού φτάσει τα 10^7 cfu/cm². Ο πληθυσμός αυτός μπορεί να είναι μικρότερος (10^6 cfu/cm²) σε ιχθυηρά με μικρότερη συγκέντρωση γλυκόζης.

Β. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Β.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) είναι μια εξελιγμένη τεχνική που περιλαμβάνει την αντικατάσταση του αέρα από τη συσκευασία με έναν συγκεκριμένο τύπο ή μείγμα αερίων. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της τεχνολογίας είναι να παρατείνει τη διάρκεια ζωής των τροφίμων αποτρέποντας ή επιβραδύνοντας βιοχημικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της οξείδωσης των λιπιδίων και των αντιδράσεων που προκαλούνται από ένζυμα στα ιχθυηρά. Επιπλέον, αποτρέπει την ανάπτυξη βακτηρίων που συμβάλλουν στην αλλοίωση των προϊόντων.

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται συχνότερα στην τεχνολογία MAP είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το άζωτο (N₂) και το οξυγόνο (O₂), τα οποία αναμειγνύονται σε διαφορετικές αναλογίες για να επιτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες. Το άζωτο είναι ένα μη αντιδραστικό αέριο που εμποδίζει την κατάρρευση της συσκευασίας, ενώ το CO₂ περιορίζει την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών, ιδίως εκείνων που προκαλούν προβλήματα οσμών και αλλοίωσης στα τρόφιμα που διατηρούνται στο ψυγείο (Raveena Kargwal, MK Garg, VK Singh, Ruby Garg and Nitin Kumar et al 2020).



ΕΙΚΟΝΑ 4: ΘΕΡΜΟΜΟΡΦΗ ΦΟΡΜΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΦΡΑΓΙΣΗΣ Πηγή:

https://www.researchgate.net/figure/Thermoform-Form-Fill-SealTFFS-Anon-2012c_fig3_309820066

B.2. ΙΧΘΥΗΡΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΥΠΟ ΚΕΝΟ ΚΑΙ ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ

B.2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η εφαρμογή της συσκευασίας κενού είναι μια βιώσιμη μέθοδος για τη διατήρηση των τροφών με φυσικό τρόπο, και έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει την ποιότητά τους και παρατείνει τη διάρκεια ζωής τους (Sahoo & Kumar, 2005). Τα ιχθυηρά είναι ένα ευαίσθητο τρόφιμο που απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα για να διατηρήσει την ποιότητα και τη φρεσκάδα του. Σήμερα, υπάρχουν πολλά διαφορετικά προϊόντα ιχθυηρών διαθέσιμα στην αγορά, όπως φιλέτα, μπριζόλες και κομμάτια. Η συσκευασία είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τη διατήρηση των τροφίμων και την προστασία τους από εξωτερικές βλάβες. Η συσκευασία υπό κενό, ειδικότερα, είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την επέκταση της διάρκειας ζωής των ιχθυηρών και τη διατήρηση της θρεπτικής τους αξίας. Αφαιρώντας τον αέρα από τη συσκευασία και δημιουργώντας μια ερμητική σφραγίδα, η συσκευασία κενού βοηθά στη μείωση της αλλοίωσης, διατηρεί την υψηλή ποιότητα και αποτρέπει την οικονομική απώλεια. Επιπλέον, βοηθά στην προστασία από την ανάπτυξη των βακτηρίων που προκαλούν αλλοίωση. Η συσκευασία υπό κενό είναι επίσης αρκετά ισχυρή για να προστατεύσει τα ιχθυηρά κατά το χειρισμό, και δρα ως φραγμός ενάντια στο οξυγόνο και τους υδρατμούς, καθώς και τα χημικά. Με τη μείωση της ποσότητας μικροοργανισμών που υπάρχουν στα ιχθυηρά, η συσκευασία κενού μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας. Αυτή η τεχνική γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στη βιομηχανία μεταποίησης ιχθύων, καθώς μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της κερδοφορίας σε μια ιδιαίτερα ανταγωνιστική και ακριβή αγορά (A. R. Patil, N. D. Chogale, A. U. Pagarkar, J. M. Koli, B. P. Bhosale, S. T. Sharangdhar, B. V. Gaikwad and G. N. Kulkarni. 2019)



ΕΙΚΟΝΑ 5: ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΥΠΟ ΚΕΝΟ Πηγή: <https://marketresearch.biz/report/vacuum-packaging-market/>

B.2.2. ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΥΠΟ ΚΕΝΟ

Απουσία οξυγόνου, τα είδη *Lactobacillus* ευδοκιμούν και κυριαρχούν στη μικροχλωρίδα μέσα σε μια συσκευασία κενού . Είναι ανθεκτικά στο pH του ιχθυηρου και μπορούν εύκολα να ανταγωνιστούν άλλους μικροοργανισμούς σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα είδη *Lactobacillus* επίσης παράγουν αντιμικροβιακούς παράγοντες που εμποδίζουν την ανάπτυξη άλλων πιθανών ανταγωνιστών (Newton, K. G., and C. O. Gill. 1978) (Roth, L. A., and D. S. Clark. 1975). Ως αποτέλεσμα, η τελική μικροχλωρίδα συνήθως αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από αυτούς τους οργανισμούς. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα είδη των *Enterobacteriaceae* μπορεί να γίνουν η κυρίαρχη μικροχλωρίδα (Gill, C. O., and K. G. Newton. 1980).

Στην συσκευασία υπό κενό ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας εκτός από τα *Lactobacillus* ευνοείται και η αύξηση και άλλων γαλακτικών βακτηρίων όπως του *Carnobacterium*, του *Leuconostoc* και του Gram + *Brochothrix thermosphacta*. Η αλλοίωση συμβαίνει όταν ο πληθυσμός των μικροοργανισμών φτάνει σε επίπεδο 10^7 CFU/cm² και γίνεται αντιληπτή με τη δημιουργία ξινή γεύσης. Σε ιχθυηρά με υψηλό pH (>6,0) η συσκευασία σε κενό δεν αυξάνει τη διάρκεια ζωής λόγω της ανάπτυξης του βακτηρίου *Schewanella putrefaciens* το οποίο δεν αναπτύσσεται σε ιχθυηρά με φυσιολογικό pH. Το βακτήριο αυτό σε συνδυασμό με τα ψυχρότροφα *Enterobacteriaceae* μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων θειούχων ενώσεων.

B.2.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΥΠΟ ΚΕΝΟ

Η συσκευασία υπό κενό είναι μια αποτελεσματική μέθοδος διατήρησης των προϊόντων, περικλείοντάς τα σε μια αδιαπέραστη από αέριο συσκευασία κατασκευασμένη από υλικά που έχουν χαμηλή διαπερατότητα οξυγόνου. Μόλις εκκενωθεί ο αέρας, η συσκευασία σφραγίζεται αεροστεγώς για να εξασφαλιστεί η μέγιστη διατήρηση. Η χρήση θερμοσταθερών υλικών ενισχύει περαιτέρω την αποτελεσματικότητα αυτής της

μεθόδου. Υπάρχουν πολλά οφέλη που σχετίζονται με την συσκευασία υπό κενό τα οποία είναι:

1. Οι πιθανότητες μόλυνσης μετά την παστερίωση είναι ελάχιστες.
2. Είναι εύκολη στην χρήση
3. Η χρήση των συσκευασιών κενού είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην πρόληψη του πολλαπλασιασμού των οργανισμών που προκαλούν αλλοίωση και χρειάζονται οξυγόνο για να αναπτυχθούν (αερόβια βακτήρια) .
4. Με την αφαίρεση του οξυγόνου από τα πακέτα επιβραδύνει τη επιβλαβή οξειδωτική αντίδραση στα τρόφιμα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης λόγω των ιδιοτήτων φραγμού οξυγόνου του υλικού συσκευασίας..
5. Η συσκευασία υπό κενό χρησιμεύει ως ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό φράγμα κατά της διείσδυσης τόσο οξυγόνου όσο και ατμού.
6. Η συσκευασία κενού έχει μια εντυπωσιακή αντίσταση τόσο στα έλαια όσο και στις χημικές ουσίες, διατηρώντας παράλληλα την πλήρη διαφάνεια. (Kuma and Ganguly ,2014).
7. Η ποιότητα του προϊόντος διατηρείται σε υψηλό επίπεδο.
8. Η τεχνική της συσκευασίας εν κενό δεν εγγυάται μόνο την ασφάλεια των αποθηκευμένων ιχθύων και των αλιευτικών προϊόντων, αλλά βοηθά επίσης στην ελαχιστοποίηση της οικονομικής απώλειας που συνδέεται με την αποθήκευσή τους (Ochieng 2015).
9. Με τη χρήση συσκευασίας κενού και μαριναρίσματος ταυτόχρονα, η διάρκεια ζωής ενός προϊόντος μπορεί να αυξηθεί σημαντικά.(Rajesh et al, 2002).

B.2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΥΠΟ ΚΕΝΟ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Όσον αφορά την συσκευασία υπό κενό ιχθυηρών το επίπεδο pH παίζει σημαντικό ρόλο στην πρόωρη αλλοίωση. Τα ιχθυηρά με pH 6,0 ή υψηλότερο αναμένεται να χαλάσουν νωρίτερα. Η πρόκληση έγκειται στον εντοπισμό των πρώτων σταδίων της αλλοίωσης.

Η αξιολόγηση των μικροοργανισμών έχει μικρή σημασία καθώς η μέγιστη πυκνότητα κυττάρων επιτυγχάνεται πολύ πριν οποιαδήποτε βλάβη ή διάσπαση μπορεί να παρατηρηθεί. Ωστόσο προβλήματα στην συσκευασία και πρόωμη αλλοίωση υποδηλώνουν αφθονία των gram-αρνητικών βακτηρίων με πάνω από 10^6 κύτταρα ανά τετραγωνικό εκατοστό..

Για να προσδιοριστεί η διάρκεια ζωής στα συσκευασμένα υπό κενό ιχθυηρά είναι απαραίτητο να ανιχνευθεί και να μετρηθεί η ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων που παράγονται από τα μικρόβια που βρίσκονται στα ιχθυηρά . Οι τρέχουσες μέθοδοι που εκτιμούν τα ολικά πτητικά οξέα δεν επαρκούν, και οι μέθοδοι που μετρούν συγκεκριμένα οξέα είναι πολύ σύνθετες για κανονική χρήση. (Dainty, R. H. 1981.)

B.3. ΑΛΛΟΙΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

B.3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) είναι μια σημαντική τεχνολογία στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων, η οποία έχει αντικαταστήσει τις παραδοσιακές μεθόδους διατήρησης και μετακίνησης των ευπαθών ειδών διατροφής. Η τεχνική MAP περιλαμβάνει την αλλαγή της σύνθεσης του αέρα γύρω από το προϊόν διατροφής, που οδηγεί σε μια ατμόσφαιρα που επιβραδύνει την αλλοίωση και ενισχύει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του, όπως η ανώτερη ποιότητα προϊόντων, η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και η μειωμένη σπατάλη τροφίμων, η MAP έχει αποκτήσει τεράστια δημοτικότητα τα τελευταία χρόνια. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι μια εξαιρετική προσέγγιση για να εξασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα παραμένουν στη βέλτιστη κατάστασή τους και έχουν μια εκτεταμένη διάρκεια ζωής. (Lynneric Potter et al 2023)

B.3.2 ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΣ ΚΑΙ ΠΑΘΟΓΟΝΟΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΝΩΠΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΣΤΗΝ MAP

Παρόλο που το MAP αναγνωρίζεται για την ικανότητά του να παρατείνει τη διάρκεια ζωής διαφόρων προϊόντων, υπάρχουν ανησυχίες ότι μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την ασφάλεια. Τις ανησυχίες αυτές συμμαρρίζονται οι ρυθμιστικές αρχές, οι ομάδες της βιομηχανίας τροφίμων και άλλοι που ανησυχούν ότι η καταστολή της φυσιολογικής χλωρίδας αλλοιώσεων μπορεί να οδηγήσει σε ένα προϊόν που είναι οργανοληπτικά αποδεκτό, αλλά επιτρέπει την ανάπτυξη επιβλαβών παθογόνων παραγόντων. Η χρήση της MAP στα ιχθυηρά και στα προϊόντα ιχθυηρών έχει λάβει τη μεγαλύτερη προσοχή, καθώς σχετίζεται με αυτές τις ανησυχίες, ιδιαίτερα όσον αφορά τα μη πρωτεολυτικά, ψυχοτροφικά στελέχη του *Clostridium botulinum*. Πρόσφατα, εκφράστηκαν ανησυχίες και για άλλα ψυχοτροφικά παθογόνα όπως τα *Aeromonas*, *Listeria* και *Yersinia*. (George M. Hall et al 2012)

Η τεχνική συντήρησης που είναι γνωστή ως MAP έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των διαφόρων προϊόντων. Ωστόσο, υπάρχουν αυξανόμενες

ανησυχίες για τους κινδύνους ασφαλείας. Αυτές οι ανησυχίες έχουν εκφραστεί από ρυθμιστικούς φορείς, καθώς και από ομάδες της βιομηχανίας, οι οποίοι φοβούνται ότι η καταστολή των φυσικών βακτηρίων που προκαλούν αλλοιώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε ένα οργανοληπτικά αποδεκτό προϊόν, το οποίο εξακολουθεί να επιτρέπει την ανάπτυξη επιβλαβών παθογόνων μικροοργανισμών.

Η αλλοίωση ιχθυερών στην MAP έχει αποτελέσει το επίκεντρο πολλών ερευνητικών μελετών που έχουν μελετήσει τη συσχέτιση μεταξύ του χρόνου παραγωγής τοξινών και των σημείων της οργανοληπτικής αλλοίωσης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ωστόσο, ότι τα αποτελέσματα αυτών των μελετών ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως ο τύπος των ιχθυερών, το μέγεθός του, ο τόπος αλίευσης τους, η θερμοκρασία, η εποχή και η ατμόσφαιρα. (Stammen et al., 1990; Reddy et al., 1992; Gibson and Davis 1995)

Όσον αφορά τα νωπά αλιευτικά προϊόντα, η παραγωγή τοξινών και η οργανοληπτική υποβάθμιση συχνά εμφανίζονται σε θερμοκρασίες άνω των 20 °C, ανεξάρτητα από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα που χρησιμοποιείται. Ωστόσο, αν αποθηκευτούν φρέσκα ιχθυερά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, η οργανοληπτική υποβάθμιση τείνει να προηγείται της ανάπτυξης τοξινών σε όλα τα φρέσκα ιχθυερά εκτός από τα φιλέτα μπακαλιάρου, ανεξάρτητα από το αν διατηρούνται στον αέρα, στο κενό ή σε ατμόσφαιρες CO₂. Αυτή η τάση είναι αισθητή σε θερμοκρασίες αποθήκευσης που κυμαίνονται από 4-12°C. Καθώς αυξάνονται οι θερμοκρασίες αποθήκευσης, το χρονικό διάστημα μεταξύ της ανάπτυξης τοξινών και της οργανοληπτικής αλλοίωσης των προϊόντων ιχθυερών του MAP γενικά μειώνεται. Από την άλλη πλευρά, η ανάπτυξη τοξινών τείνει να προηγείται της οργανοληπτικής επιδείνωσης των φιλέτων μπακαλιάρου συσκευασμένων σε 100% CO₂ και διατηρημένων σε θερμοκρασίες ψύξης. Ωστόσο, αυτά τα προϊόντα εξακολουθούν να είναι ασφαλή για κατανάλωση παρά την παρουσία *Clostridium botulinum*. (George M. Hall et al 2012)

Τα ιχθυερά είναι επιρρεπή σε διάφορα επιβλαβή παθογόνα, συμπεριλαμβανομένων των *C. botulinum*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Listeria monocytogenes* και *Aeromonas hydrophila*. Ορισμένα εμφανιζόμενα παθογόνα όπως το *Yersinia enterocolitica* βρίσκονται επίσης σε τέτοια προϊόντα. Παρά τις πολυάριθμες μελέτες

σχετικά με την επίδραση του MAP στο *C. botulinum*, υπάρχει έλλειψη έρευνας σχετικά με την επίδραση του MAP σε άλλα παθογόνα που μεταδίδονται μέσω τροφίμων. (George M. Hall et al 2012)

B.3.3 ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ MAP

Για να αρχίσει η μελέτη του MAP, πρέπει πρώτα να κατανοηθούν οι μοναδικές ιδιότητες των αερίων που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη διαδικασία. Καθώς κάθε αέριο έχει τις δικές του ξεχωριστές ιδιότητες και χρησιμοποιείται για διαφορετικούς σκοπούς. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αέρια στο MAP περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξυγόνο (O₂), και άζωτο (N₂). Άλλα αέρια όπως το αργό (Ar), το ήλιο (He) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις κατά περίπτωση. Ωστόσο, τα εμπορικά προϊόντα MAP τείνουν να χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό αζώτου, οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, καθώς είναι πιο οικονομικά αποδοτικό, ασφαλέστερο και ευρύτερα αποδεκτό από τους καταναλωτές. Καινοτόμες εξελίξεις στη συσκευασία μπορεί να περιλαμβάνουν τη χρήση αργού, ηλίου, υδρογόνου (H₂) και υποξειδίου του αζώτου. Επιπλέον, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO₂) και το οξείδιο της χολίνης (ClO₂) μπορούν να εφαρμοστούν σε συγκεντρώσεις κάτω από 1% για να επιτευχθεί μικροβιακή αδρανοποίηση ή ανάπτυξη χρώματος τροφίμων. (Dong Sun Lee.2021)

Ο ρόλος των αερίων στο MAP των φρέσκων ιχθυηρών είναι ο εξής:

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμεύει ως ένα εξαιρετικό υποκατάστατο αερίου στις τροφές MAP λόγω της μοναδικής του ικανότητας να εμποδίζει τα αρνητικά κατά Gram, αερόβια βακτήρια αλλοίωσης όπως το *Pseudomonas spp.*, τα οποία οδηγούν σε μεταβολές της γεύσης στα ιχθυηρά. Το αέριο διαλύεται αβίαστα στην υδατική φάση των τροφίμων και τα καθιστά όξινα με την παραγωγή ανθρακικού οξέος. Επιπλέον, έχει μερικές άμεσες αντιμικροβιακές ιδιότητες. Αντίθετα συγκεντρώσεις υψηλότερες από ότι απαιτείται μπορούν να βλάψουν τις μυϊκές τροφές, να αποχρωματίσουν τα φρέσκα προϊόντα και να οδηγήσουν σε κατάρρευση της συσκευασίας σε περίπτωση που το αέριο συνεχίσει να απορροφάται από τα υδάτινα στοιχεία του συσκευασμένου προϊόντος. (Zagory, D. et al 1994)

Οξυγόνο (O_2) : Ο έλεγχος των οξειδωτικών αντιδράσεων και των αντιδράσεων αμαύρωσης είναι εφικτός μέσω της μείωσης του περιβάλλοντος οξυγόνου. Στις συσκευασίες με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, είναι προτιμότερο να υπάρχει οξυγόνο χαμηλής περιεκτικότητας για την πρόληψη της ζύμωσης και της ανάπτυξης μικροοργανισμών που καταστρέφουν και ευδοκιμούν σε αερόβιες συνθήκες. Ωστόσο, η πλήρης απουσία οξυγόνου πρέπει να αποφεύγεται για να εξαλειφθούν οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι, όπως η ανάπτυξη του *Clostridium botulinum*. (Blakistone, et al 1999).

Άζωτο (N_2): Το άζωτο, ένα αέριο που στερείται οσμής ή γεύσης, παρουσιάζει περιορισμένη διαλυτότητα στο νερό (0,018 g/kg στους 20°C) και λειτουργεί ως μια αξιόπιστη διασφάλιση κατά της κατάρρευσης της συσκευασίας. Το αέριο αυτό παίζει έμμεσο ρόλο στην καταστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών στα τρόφιμα, εμποδίζοντας την ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων. Με αυτόν τον τρόπο, περιορίζει αποτελεσματικά την πιθανότητα αερόβιας αλλοίωσης, αλλά δεν εμποδίζει την ανάπτυξη αναερόβιων βακτηρίων. (Robertson et al 2006).

Όταν πρόκειται για τη συντήρηση φρέσκων ιχθυηρών με τη χρήση συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), η συγκεκριμένη σύνθεση και οι αναλογίες αερίων που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από διάφορους παράγοντες. Σε αυτούς περιλαμβάνονται ο τύπος του ιχθυηρού, ο ρυθμός αναπνοής, τα υλικά συσκευασίας και η επιθυμητή διάρκεια ζωής.

Είναι επιτακτική ανάγκη ο σχεδιασμός της συσκευασίας πρέπει να προσαρμόζεται ώστε να ανταποκρίνονται στις ειδικές απαιτήσεις των φρέσκων ιχθυηρών, προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η ποιότητά τους. Η τακτική εξέταση της σύνθεσης των αερίων εντός της συσκευασίας είναι ζωτικής σημασίας, ώστε να διατηρείται η επιθυμητή ατμόσφαιρα και να διασφαλίζεται ότι το MAP παραμένει αποτελεσματικό στη διατήρηση της φρεσκάδας των ιχθυηρών.

Gas	Molecular formula	Molar mass (g/mol)	Kinematic diameter (nm)	Properties at 1 atm and 10 °C			
				Density (kg/m ³)	Mean free path (nm)	Diffusion coefficient in air (m ² /s)	Solubility in water (mmol/kg)
Air		28.98	0.37	1.25	63	9.62×10^{-6}	-
Argon	Ar	39.95	0.34	1.72	75	1.73×10^{-5}	1.9
Carbon dioxide	CO ₂	44.01	0.33	1.90	80	1.43×10^{-5}	53.7
Helium	He	4.00	0.26	0.17	128	6.07×10^{-5}	0.4
Hydrogen	H ₂	2.02	0.29	0.09	104	8.28×10^{-5}	0.9
Nitrogen	N ₂	28.01	0.37	1.21	63	1.82×10^{-5}	0.8
Nitrous oxide	N ₂ O	44.01	0.33	1.90	80	1.29×10^{-5}	39.2
Oxygen	O ₂	32.00	0.35	1.38	71	1.80×10^{-5}	1.7
Water vapor	H ₂ O	18.02	0.26	-	128	2.30×10^{-5}	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΡ ΠΗΓΗ : Dong Sun Lee.2021 Professor Emeritus, Kyungnam University, Changwon, South Korea

B.3.4 ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΣΤΟ CO₂ ΚΑΙ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ Η ΔΡΟΥΝ ΘΕΤΙΚΑ

Η πιο συνηθισμένη αιτία αλλοίωσης στα ιχθυηρά ΜΑΡ είναι το *Photobacterium phosphoreum*, το οποίο τυχαίνει να είναι ανθεκτικό στο CO₂. Ωστόσο, τα θετικά κατά Gram βακτήρια, όπως τα *Lactobacillus spp.* και *Leuconostoc spp.*, καθώς και το *Brochothrix thermosphacta*, δεν επηρεάζονται από το CO₂ και ως εκ τούτου γίνονται τα κυρίαρχα γένη στα ιχθυηρά και στα ιχθυηρά προϊόντα που συσκευάζονται σε μείγματα αερίων ΜΑΡ. Αυτό είναι στην πραγματικότητα καλό για τη διάρκεια ζωής των ιχθυηρών, καθώς αυτοί οι μικροοργανισμοί είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσουν αλλοίωση από ό,τι άλλα βακτήρια (Provincial L, Gil M, Guillen E, Alonso V, Roncales P and Beltran J A 2010)

Αξίζει να σημειωθεί ότι η χαμηλή ποσότητα υδατανθράκων στο κρέας ιχθυηρού αποτρέπει την ανάπτυξη ξινή γεύσης που μπορεί να προκύψει από τη δραστηριότητα των βακτηρίων γαλακτικού οξέος κατά τη διαδικασία αποσύνθεσης των υδατανθράκων.

Γενικά, τα οξυγαλακτικά βακτήρια δεν ευθύνονται για την αλλοίωση των ιχθυηρών λόγω του χαμηλού αρχικού τους αριθμού στο κρέας των ιχθυηρών. Ωστόσο, όταν η ανάπτυξη των αερόβιων βακτηρίων αναστέλλεται με την εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών ή την τροποποίηση της ατμόσφαιρας, τα οξυγαλακτικά βακτήρια αποτελούν τον κυρίαρχο πληθυσμό . Αυτό έχει επιβεβαιωθεί από μελέτες σε τεμάχια κυπρίνου (Babić Milijašević J, Milijašević M and Đinović-Stojanović J 2018) και εκσπλαχνισμένες πέστροφες (Milijašević M 2011).

B.3.5 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ O₂ ΚΑΙ CO₂ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΝΑ ΑΠΟΤΡΑΠΕΙ Η ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Η μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου είναι ένας πολύ καλός τρόπος για να ενισχυθεί η διατήρηση των τροφίμων με την ελαχιστοποίηση των οξειδωτικών αντιδράσεων και την αναστολή του μικροβιακού μεταβολισμού και της μικροβιακής ανάπτυξης. Αντίθετα, τα υψηλά επίπεδα οξυγόνου μπορούν να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Amoabediny and Büchs, 2010; Couvert et al., 2017; Jones and Greenfield, 1982).

Το διοξείδιο του άνθρακα(CO₂) λειτουργεί ως αναστολέας ανάπτυξης που επηρεάζει σχεδόν όλους τους μικροοργανισμούς. Αυτό το αέριο παράγεται μέσω αντιδράσεων αποκαρβοξυλίωσης κατά τη διάρκεια του μεταβολισμού και εμποδίζει σημαντικά την παραγωγικότητα των κυττάρων. Ως αποτέλεσμα, η δραστηριότητα των ενζύμων που συμβάλλουν στις αντιδράσεις παραγωγής CO₂ μειώνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο μέσο. Η έκταση της αναστολής εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το pH και τη μερική πίεση. Η συγκέντρωση του αερίου στο μέσο αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία μειώνεται και η μερική πίεση αυξάνεται . Επιπλέον, το pH παίζει σημαντικό ρόλο καθώς το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα δημιουργεί ανθρακικό οξύ. Λόγω της συσσώρευσης CO₂ στην υδατική φάση, με τη μορφή HCO₃⁻ και CO₃²⁻, τα μέσα χαμηλής οξύτητας βιώνουν αυτό το φαινόμενο κυρίως (Amoabediny and Büchs, 2010; Couvert et al., 2017; Jones and Greenfield, 1982).

Η περιεκτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο MAP είναι περιορισμένη καθώς έχει υψηλή διαλυτότητα και μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση της συσκευασίας . Για τον

ποσοτικό προσδιορισμό των ανασταλτικών επιδράσεων του O₂ και του CO₂, οι μελέτες συνήθως χρησιμοποιούν δυναμικές συνθήκες για αυτά τα δύο αέρια. Αυτή η μέθοδος είναι μεροληπτική, δεδομένου ότι οι ρυθμοί των αερίων εξελίσσονται γρήγορα λόγω της διάλυσης των αερίων και της μικροβιακής αναπνοής.

Αρκετά μαθηματικά μοντέλα έχουν προταθεί για να περιγράψουν την επίδραση αυτών των αερίων στο ρυθμό ανάπτυξης των βακτηρίων. Ωστόσο, τα περισσότερα από τα προτεινόμενα μοντέλα για το CO₂ είναι πολυωνυμικού τύπου, καθιστώντας δύσκολη τη διάκριση της ειδικής επίδρασης του CO₂ από άλλους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία που επηρεάζει τη διάλυση του CO₂ (Devlieghere et al., 2001; Farber et al., 1996; Fernández et al., 1997; Pin et al., 2000; Sutherland et al., 1996, 1997). Άλλοι ερευνητές έχουν αναλάβει μια γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης βακτηρίων και της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂. (Alfaro et al., 2013; Augustin et al., 2005; Dalgaard, 1995; Giménez and Dalgaard, 2004; Ross and Dalgaard, 2004)

Όσον αφορά τη βακτηριακή ανάπτυξη, η προσέγγιση αυτή θεωρεί την πλήρη απουσία του CO₂ ως τη βέλτιστη κατάσταση. Για τον προσδιορισμό της ελάχιστης συγκέντρωσης που απαιτείται για την πρόληψη της ανάπτυξης, μόνο αυτή η παράμετρος είναι απαραίτητη. Το διαλυμένο κλάσμα του CO₂ έχει επίδραση στη βακτηριακή ανάπτυξη, αλλά δεν είναι ο μόνος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η θερμοκρασία παίζει επίσης σημαντικό ρόλο, καθώς επηρεάζει έντονα τη διαλυτότητα του CO₂. Ως αποτέλεσμα, η ελάχιστη ανασταλτική συγκέντρωση, (MIC) του CO₂ εφαρμόζεται μόνο σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Για να προσδιοριστεί η MIC που είναι ανεξάρτητο από τη θερμοκρασία, είναι σημαντικό να υπολογιστεί η ελάχιστη ανασταλτική συγκέντρωση ως διαλυμένη συγκέντρωση εκφρασμένη σε ppm ή mol . Ωστόσο, είναι σημαντικό να μην συγχέεται η συγκέντρωση του CO₂ σε διάλυμα με τη συνολική συγκέντρωση όλων των χημικών ειδών που προκύπτουν από τη διάσπαση του ανθρακικού οξέος, που δεν έχουν καμία επίδραση στη βακτηριακή ανάπτυξη (Couvert et al., 2017).

B.3.6 ΟΛΙΚΟ ΠΤΗΤΙΚΟ ΒΑΣΙΚΟ ΑΖΩΤΟ, ΤΡΙΜΕΘΥΛΑΜΙΝΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΡΕΣΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ MAP

Παρόλο που έχουν καταβληθεί πολλές προσπάθειες για την ανάπτυξη αξιόπιστων εργαστηριακών μεθόδων αξιολόγησης της φρεσκότητας των νωπών ιχθυηρών καμία δεν είναι εφαρμόσιμη σε όλα τα ιχθυηρά. Οι περισσότερες εργαστηριακές μέθοδοι βασίζονται στον προσδιορισμό δεικτών όπως το ολικό πτητικό βασικό άζωτο (TVB-N) και η τριμεθυλαμίνη (TMA) .

Το TVB-N χρησιμεύει ως χημικός δείκτης για τον προσδιορισμό της φρεσκάδας των ιχθυηρών. Το συνολικό πτητικό N₂ αποτελείται από ορισμένες ενώσεις που έχουν ως αποτέλεσμα το κρέας των ιχθυηρών να αποκτά μια δυσάρεστη γεύση και οσμή.

Παραδείγματα τέτοιων ενώσεων περιλαμβάνουν αμμωνία, διμεθυλαμίνη (DMA), TMA, αμίνες που προέρχονται από την αποκαρβοξυλίωση αμινοξέων και άλλες αζωτούχες ενώσεις που γίνονται πτητικές όταν μετατρέπονται στις αλκαλικές μορφές τους. Η αμμωνία παράγεται όταν πρωτεΐνες, πεπτίδια και αμινοξέα αποσυντίθενται από βακτήρια, ενώ η αυτολυτική αποσύνθεση της μονοφωσφορικής αδενοσίνης (AMP) οδηγεί επίσης στο σχηματισμό της.

Η διμεθυλαμίνη και η TMA, από την άλλη πλευρά, παράγονται μέσω της αποικοδόμησης της TMAO, μιας ένωσης που βοηθά στη διατήρηση της ωσμωτικής ισορροπίας σε όλα τα θαλάσσια και σε πολλά είδη ιχθυηρών του γλυκού νερού. Η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας για τη συσκευασία των ιχθυηρών μπορεί να αποτρέψει αποτελεσματικά την ανάπτυξη του TVB-N (Gram L and Huss H H 1996).

Έρευνα έχει δείξει ότι ο κυπρίνος και η πέστροφα στη MAP με υψηλότερη συγκέντρωση CO₂ (60%) είχαν χαμηλότερη αύξηση στην TVB-N σε σύγκριση με εκείνους στη MAP με χαμηλότερο ποσοστό CO₂ (40% CO₂+60% N₂) ή κενό (Babić A J, Dimitrijević R M, Milijašević P M, Đorđević Ž V, Petronijević B R, Grbić M S and Spirić T A 2014)

Εξετάστηκαν διάφορα αέρια μείγματα για να προσδιοριστεί η επίδρασή τους στη διάρκεια ζωής των φιλέτων πέστροφας που φυλάσσονται σε θερμοκρασία 1 °C, και τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι το MAP είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό στην πρόληψη του σχηματισμού TVB-N, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο μείγμα. Οι συντάκτες

αυτής της μελέτης συνέστησαν το κρέας πέστροφας να μην υπερβαίνει τα 25 mg N/100 g όσον αφορά την περιεκτικότητα σε TVB-N (Gimenéz B, Roncalés P and Beltrán J A 2002)

B.3.7 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΠΟΥ ΣΥΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΜΑΡ

Η αξιολόγηση των ιχθυηρών από τους καταναλωτές βασίζεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η ασφάλεια, η διατροφή, η γεύση, η οσμή, η εμφάνιση, η υφή και η ευκολία μαγειρέματος και συντήρησης. Η διαδικασία της αλλαγής στο κρέας των ιχθυηρών αρχίζει μόλις τα ιχθυηρά πεθαίνουν ή πιάνονται, που προκαλείται από τα ένζυμα του ίδιου του ιχθυηρού, το μεταβολισμό των μικροοργανισμών και την οξείδωση των λιπιδίων.

Οι αλλαγές στη γεύση και την οσμή οφείλονται συνήθως στον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών. Αυτή η ανάπτυξη οδηγεί σε δυσάρεστες οσμές, γεύσεις και ορατές χρωματισμένες ή μη χρωματισμένες αποικίες. Η παραγωγή πολυσακχαριδικών εξωκυτταρικών υλικών και διάχυτων χρωστικών έχει ως αποτέλεσμα αισθητικές αλλαγές όπως ο σχηματισμός βλεννογόνων και ο αποχρωματισμός. Χημικές αλλαγές όπως η αυτοοξείδωση ή ενζυματική υδρόλυση των λιπών μπορεί επίσης να προκαλέσει δυσάρεστες οσμές και γεύσεις ή να οδηγήσει σε μαλάκυνση του κρέατος των ιχθυηρών λόγω της δραστηριότητας των ενζύμων ιστών (Gram L and Huss et al 1996).

Τα ιχθυηρά που συσκευάζονται σε διάφορα μίγματα αερίων έχει βρεθεί ότι είναι πιο ελκυστικά από οργανοληπτικής πλευράς και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με τα ιχθυηρά στον αέρα ή τα συσκευασμένα ιχθυηρά κενού. Η έρευνα των Babić et al. 2015 έδειξε ότι τα τεμάχια κυπρίνων συσκευασμένα σε ατμόσφαιρα που αποτελείται από 60% CO₂+40% N₂ είχαν τα υψηλότερα μέσα ποσοστά συνολικής αισθητηριακής αποδοχής, τα οποία ήταν στατιστικά σημαντικά. (Babić et al 2015)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ

4.1 ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΜΟΝΩΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΑΛΛΟΙΩΜΕΝΟ ΩΜΟ ΣΟΛΟΜΟ (SALMAON SALAR) ΠΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΗΚΑΝ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η παρούσα μελέτη (L. Kuuliala et al., 2019) επικεντρώθηκε στον μικροβιόκοσμο των θαλασσινών, και συγκεκριμένα του σολομού, και στην εξάρτησή του από την αρχική μόλυνση, τις πρακτικές χειρισμού και τις συνθήκες αποθήκευσης. Η έρευνα διαπίστωσε ότι η μικροβιολογική ποιότητα του σολομού ήταν ελαφρώς χαμηλότερη από προηγούμενες μελέτες, πιθανώς λόγω των χρόνων παράδοσης (de la Hoz et al 2000). Τα ευαίσθητα στη θερμότητα βακτήρια βρέθηκαν να έχουν χαμηλή σχετική αφθονία στα εξεταζόμενα δείγματα σολομού (Broekaert et al. (2011). Η μελέτη εξετάζει επίσης την παρουσία του *Photobacterium phosphoreum*, ενός γένους που σχετίζεται με υψηλή παραγωγή ολικών μετάλλων (TMA) σε φυσικά μολυσμένο σολομό, αλλά δεν είναι γνωστό ως σημαντικός παραγωγός υδρόθειου (H₂S). Ωστόσο, στη μελέτη παρατηρήθηκαν αμελητέα επίπεδα TMA καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης (López-Caballero et al., 2001). Οι *Pseudomonas* και/ή *Shewanella spp.* θεωρήθηκαν ως SSOs (Ειδικοί οργανισμοί αλλοίωσης) σε θαλάσσια ιχθυηρά που αποθηκεύτηκαν στον αέρα, ενώ οι *P. phosphoreum*, LAB και *B. thermosphacta* ήταν κυρίαρχοι σε συνθήκες MAP πλούσιες σε CO₂ (Drosinos and Nychas, 1996; Drosinos et al., 1997; Gram and Dalgaard, 2002; Møretrø et al., 2016). Η μελέτη επίσης διερεύνησε το ρόλο της μικροβιακής απαρίθμησης και της μοντελοποίησης των πτητικών μικροβίων στην έρευνα για την ποιότητα των τροφίμων, καθώς και τη σημασία της επιλογής κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης για τα προϊόντα θαλασσινών με βάση τη σύνθεσή τους και την αρχική μικροβιακή χλωρίδα. Συζητείται επίσης η χρήση διαφορετικών τεχνολογιών συσκευασίας και η σημασία των διαφόρων δεικτών αλλοίωσης. Τέλος, η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για έξυπνες τεχνολογίες συσκευασίας και τις προκλήσεις που σχετίζονται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και την παρακολούθηση των μεταβολιτών που σχετίζονται με την αλλοίωση

4.2 ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑΣ

ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΙΤΡΙΝΟΠΤΕΡΟΥ ΤΟΝΟΥ (THUNNUS ALBACARES) ΚΑΙ ΣΟΛΟΜΟΥ (SALMON BAR)

Το άρθρο αυτό (Elina Jääskeläinen et al., 2019) εξετάζει την αλλοίωση των ιχθυηρών και συγκεκριμένα του σολομού και του τόνου. Επισημαίνει τη σημασία των θαλασσινών ως πηγή πρωτεϊνών, αλλά σημειώνει ότι τα αποθέματα άγριων ιχθυηρών είναι περιορισμένα και δεν επαρκούν για να καλύψουν τα συνιστάμενα επίπεδα κατανάλωσης. Η απώλεια γαρίδων και ιχθυηρών που αλιεύονται με τράτες αποτελεί σημαντική ανησυχία στους εμπόρους λόγω γρήγορης αλλοίωσης τους .

Η μελέτη αναφέρεται επίσης σε διαφορές στα χαρακτηριστικά μεταξύ τόνου και σολομού, όπως το ενδιαίτημα και η διατροφική τους σύνθεση. Η παραγωγή ισταμίνης, η οποία μπορεί να προκαλέσει δηλητηρίαση αποτελεί ένα κίνδυνο στα συγκεκριμένα ιχθυηρά εξαιτίας λανθασμένων συνθηκών συντήρησης . Μια παράγραφο για την παραγωγή της ισταμίνης. Ωστόσο, η παραγωγή ισταμίνης δεν ήταν ανιχνεύσιμη στον τόνο λόγω της κυριαρχίας της *Pseudomonas* έναντι των μικροοργανισμών που είναι ικανοί να αποκαρβοξυλιώσουν την ιστιδίνη και να παράξουν ισταμίνη. Ο σολομός μπορεί επίσης να αναπτύξει ισταμίνη υπό ορισμένες συνθήκες . Οι βιογενείς αμίνες, συμπεριλαμβανομένης της ισταμίνης, τυραμίνης και της τρυπταμίνης, συσσωρεύονται ως αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης μικροβιακής δραστηριότητας και σχετίζονται με την αλλοίωση των ιχθυηρών σε κακές συνθήκες αποθήκευσης .

Τα επίπεδα τριμεθυλαμίνης (TMA), τα οποία είναι ενδεικτικά της υποβάθμισης των θαλασσινών, συσχετίζονται με την αισθητηριακή ποιότητα στον σολομό, αλλά όχι στον τόνο . Η υποξανθίνη, η οποία σχηματίζεται μέσω της αυτόλυσης και της βακτηριακής δραστηριότητας, έδειξε δυνατότητες ως δείκτης αλλοίωσης στον σολομό. Η συσκευασία υπό κενό (VP) δεν επηρέασε σημαντικά την ποιότητα των ιχθυηρών σε σύγκριση με την επίδρασή της στο κρέας.

Διαφορετικοί μικροοργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των *Pseudomonas*, *Photobacterium*, *Shewanella* και βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB), ταυτοποιήθηκαν στα εξεταζόμενα δείγματα ιχθυηρών. Η κυριαρχία τους διέφερε ανάλογα με τις συνθήκες αποθήκευσης και το είδος. Οι συγκεντρώσεις υδατανθράκων ήταν υψηλότερες

στον τόνο, αλλά οι προτιμώμενες πηγές άνθρακα για τους *Pseudomonas* spp. στον τόνο ήταν οργανικά οξέα ή αμινοξέα παρά γλυκόζη. Στον σολομό, η παραγωγή οργανικών οξέων και η μείωση της συγκέντρωσης υδατανθράκων επηρέασαν το pH και την αλλοίωση. Εν κατακλείδι ο σολομός βρέθηκε να είναι πιο ευαλλοιώτος από τον τόνο με βάση τον αριθμό των βακτηρίων και την οργανοληπτική αξιολόγηση.

4.3 ΠΕΙΡΑΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ, ΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΔΟΥ ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ (*GADUS MORCHUA*) ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΤΕΜΑΧΙΑ ΠΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΟΝΤΑΙ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Η ανάπτυξη των ειδικών αλλοιογόνων οργανισμών (SSOs) σε συσκευασμένα και αποθηκευμένα θαλάσσια ιχθυηρά επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Η μελέτη των Kuuliala et al. (2018) επικεντρώθηκε στην κυριαρχία του γένους *Photobacterium* σε διαφορετικές συνθήκες. Διαπιστώθηκε ότι η ανάπτυξη του *Photobacterium*, συγκεκριμένα των *P. phosphoreum* και *P. iliopiscarium*, συνέβαλε στην αύξηση των συγκεντρώσεων πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και στην οργανοληπτική απόρριψη. Τα *Pseudomonas* και *Shewanella* spp. θεωρήθηκαν SSOs όταν τα ιχθυηρά αποθηκεύτηκαν σε αερόβιες συνθήκες, ενώ τα LAB και *B. thermosphacta* παρατηρήθηκε ότι συν-κυριάρχησαν σε συνθήκες MAP. Η απαρίθμηση του *Photobacterium* επηρεάστηκε από την επιλογή του μέσου ανάπτυξης, με το marine άγαρ (MA) να είναι πιο κατάλληλο για την απαρίθμηση σε σύγκριση με το Iron άγαρ (άγαρ σιδήρου λυσίνης, IAL). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ στη συσκευασία ευνόησαν την ανάπτυξη των ανθεκτικών στο CO₂ LAB. Η παραγωγή διαφόρων αλκοολών, όπως αιθανόλη, 3-μεθυλ-1-βουτανόλη και 2,3-βουτανοδιόλη, ανιχνεύθηκε και αποδόθηκε στην κυριαρχία του γένους *Photobacterium*. Οι συγκεντρώσεις H₂S παρέμειναν χαμηλές σε όλες τις εξεταζόμενες συνθήκες και η παραγωγή TMA παρεμποδίστηκε από το οξυγόνο. Η αύξηση των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων συσχετίστηκε με τη μικροβιακή ανάπτυξη και συγκεκριμένες ενώσεις αναγνωρίστηκαν ως πιθανοί δείκτες αλλοίωσης των ιχθυηρών. Οι δείκτες ποιότητας πολλαπλών ενώσεων έχουν δείξει ότι υπόσχονται και αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την αξιολόγηση της φρεσκάδας των ιχθυηρών. Η αφθονία και ο μεταβολισμός του γένους *Photobacterium* έπαιξαν ρόλο στις παρατηρούμενες διαφορές στα προφίλ των πτητικών οργανικών ενώσεων υπό

διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης. Η έγκαιρη ανίχνευση της αλλοίωσης απαιτεί την ικανότητα ανίχνευσης χαμηλών συγκεντρώσεων των σχετικών VOC.

4.4 ΠΕΙΡΑΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΤΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΦΙΛΕΤΩΝ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η μελέτη αυτή (PArIarani et al., 2014) σύγκρινε τη διάρκεια ζωής των ιχθυηρών σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και σε αερόβια αποθήκευση. Διαπιστώνεται από την μελέτη, ότι η MAP παρατείνει τη διάρκεια ζωής των ιχθυηρών σε σύγκριση με την αερόβια αποθήκευση, αλλά η θερμοκρασία ψύξης πρέπει να διατηρείται σταθερή για να είναι αποτελεσματική η επίδραση του CO₂. Η μελέτη παρατήρησε σημαντική παράταση στη διάρκεια ζωής στο ράφι στους 0 και 5 °C, αλλά όχι στους 15 °C. Οι κυρίαρχοι μικροοργανισμοί αλλοίωσης υπό αερόβιες συνθήκες είναι κυρίως *Pseudomonas* spp. και βακτήρια που παράγουν H₂S, ενώ υπό MAP ευνοούνται τα LAB (οξεογαλακτικά βακτήρια) και τα *B. thermosphacta*. Η μελέτη εξετάζει επίσης την παραγωγή πτητικών ενώσεων (VOC) από διάφορους μικροοργανισμούς, όπως αλδεΐδες, κετόνες, αλκοόλες και οργανικά οξέα, οι οποίες συμβάλλουν στην αλλοίωση των ιχθυηρών. Η σύνθεση του μικροβιόκοσμου αλλοίωσης επηρεάζεται από τις συνθήκες αποθήκευσης, της θερμοκρασία και της σύνθεση της ατμόσφαιρας. Διαφορετικές θερμοκρασίες και ατμοσφαιρικές συνθήκες επιλέγουν διαφορετικούς κυρίαρχους μικροοργανισμούς με διαφορετικές μεταβολικές δραστηριότητες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφοροποιήσεις στο προφίλ των VOC. Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το TVB-N (ολικό πτητικό βασικό άζωτο) δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της φρεσκάδας των ιχθυηρών και ότι οι πτητικές οργανικές ενώσεις που ανιχνεύθηκαν στη μελέτη είναι μεταβολικά προϊόντα των κυρίαρχων μικροοργανισμών αλλοίωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όσον αφορά τη συσκευασία των ιχθυηρών, η επιλογή μεταξύ της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και της αερόβιας συσκευασίας είναι μια απόφαση που εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες όπως η μικροβιακή σύνθεση, η προτιμώμενη ανθεκτικότητα, οι ιδιότητες του προϊόντος, το περιβάλλον στο οποίο θα αποθηκευτεί και οι απαιτήσεις της αγοράς. Κάθε τεχνική συσκευασίας προσφέρει τα δικά της οφέλη και ανησυχίες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Η απόφαση μεταξύ MAP και αερόβιας συσκευασίας είναι υποκειμενική και πρέπει να καθορίζεται με τη διεξαγωγή μελετών για κάθε προϊόν ξεχωριστά και λαμβάνοντας υπόψη τους γενικούς στόχους ποιότητας και τις προτιμήσεις των πελατών. Η συσκευασία κενού είναι αποτελεσματική όσον αφορά την αναστολή της μικροβιακής αλλοίωσης σε μεγάλο βαθμό σε σύγκριση με την αερόβια συσκευασία.. Η διατήρηση και ψύξη των κενών σφραγισμένων αντικειμένων μπορεί επίσης να επεκτείνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής των ιχθυηρών. Με τη χρήση τεχνικών συσκευασίας υπό κενό και προσεκτικά επιλεγμένων ποσοτήτων αερίων, τα προϊόντα μπορούν να παραμείνουν φρέσκα για παρατεταμένες περιόδους.

Είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι η επιλεγείσα μέθοδος συσκευασίας θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στη διάρκεια ζωής και την ποιότητα του προϊόντος, καθιστώντας έτσι επιτακτική την ανάγκη να επιλέγουμε με σύνεση. Εν κατακλείδι η MAP είναι συνήθως πιο αποτελεσματική στην παράταση της διάρκειας ζωής του φρέσκου ιχθυηρού σε σύγκριση με την αερόβια συσκευασία

Εν κατακλείδι ο ευπαθής χαρακτήρας των θαλασσινών επιβάλλει περιορισμούς στη διάρκεια ζωής τους. Προκειμένου να βελτιωθεί και να παραταθεί η διάρκεια ζωής των θαλασσινών, είναι ζωτικής σημασίας να εξεταστούν και να κατανοηθούν σε βάθος οι μηχανισμοί που κρύβονται πίσω από την αλλοίωση. Επί του παρόντος, παραμένουν ανεξερεύνητα μέλη της μικροβιακής χλωρίδας των θαλασσινών, των οποίων το δυναμικό αλλοίωσης δεν έχει ακόμη διερευνηθεί, χαρακτηριστεί ή κατανοηθεί πλήρως. Είναι επιτακτική ανάγκη να εντοπιστούν τα μη καλλιεργήσιμα βακτήρια στην αλλοίωση των θαλασσινών, καθώς επηρεάζουν σημαντικά την αλλοίωση, την ποιότητα και την

ασφάλεια των θαλασσινών. Συνιστάται η διεξαγωγή μελετών που εμβαθύνουν στην αλληλεπίδραση μεταξύ των βακτηρίων αλλοίωσης και στους μηχανισμούς αναστολής. Επιπλέον, αξίζει να διερευνηθούν πιο ισχυρές τεχνικές, όπως η αξιοποίηση της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC MS), για την ανάλυση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC), καθώς και η χρησιμοποίηση μεθόδων που εξαρτώνται από την καλλιέργεια για τη διερεύνηση της διαδοχής των μικροβίων αλλοίωσης στα θαλασσινά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τέλος, είναι απαραίτητο να διεξαχθούν συγκριτικές αναλύσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων που παράγονται από τα βακτήρια αλλοίωσης των θαλασσινών σε διαφορετικές μήτρες θαλασσινών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. R. Patil* 1, N. D. Chogale 2, A. U. Pagarkar 2, J. M. Koli 1, B. P. Bhosale 1, S. T. Sharangdhar 1, B. V. Gaikwad 1 and G. N. Kulkarni 1. 2020.** VACUUM PACKAGING IS A TOOL FOR SHELF LIFE EXTENSION OF FISH PRODUCT
- Afzal, M.I., Jacquet, T., Delaunay, S., Borges, F., Millière, J.-B., Revol-Junelles, A.-M., Cailliez-Grimal, C., 2010.** Carnobacterium maltaromaticum: identification, isolation tools, ecology and technological aspects in dairy products. Food Microbiol. 27, 573–579.
- Amoabediny and Büchs, 2010;** Determination of CO₂ sensitivity of micro-organisms in shaken bioreactors. I. Novel method based on the resistance of sterile closure
- Augustin, J.C., Zuliani, V., Cornu, M., Guillier, L., 2005.** Growth rate and growth probability of *Listeria monocytogenes* in dairy, meat and seafood products in suboptimal conditions. J. Appl. Microbiol. 99, 1019–1042. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02710.x>.
- B. Alfaro et al 2013 .**Modelling the effect of the temperature and carbon dioxide on the growth of spoilage bacteria in packed fish products
- Babić A J, Dimitrijević R M, Milijašević P M, Đorđević Ž V, Petronijević B R, Grbić M S and Spirić T A 2014** Effect of modified atmospheric conditions and vacuum packaging on selected chemical parameters that define freshness of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and carp (*Cyprinus carpio*) Hem. Ind. 68(1) 69–76
- Babić J, Milijašević M and Dimitrijević M 2015** The impact of packaging in modified atmosphere and vacuum on preservation of sensory properties of carp filets (*Cyprinus carpio*) Tehnol. mesa 56(1) 58–66
- Babić Milijašević J, Milijašević M and Đinović-Stojanović J 2018** Effect of modified atmosphere packaging on selected quality attributes of chilled Common carp (*Cyprinus carpio*) steaks VIII International Conference “Water & Fish”, Belgrade, Conference Proceedings p 41
- Bereket Abraha, Habtamu Admassu, Abdu Mahmud, Negasi Tsighe, Xia Wen Shui, Yang Fang. 2018.** Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. <https://medcraveonline.com/MOJFPT/effect-of-processing-methods-on-nutritional-and-physico-chemical-composition-of-fish-a-review.html#ref19>
- Blakistone, B.A. (1999).** Introduction, in Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food, 2nd edn., Blakistone, B.A. (ed.), Aspen Publications, Gaithersburg, MD. ISBN: 0-8342-1682-5
- Bowman, J.P., 2006.** The genus psychrobacter. In: Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., Stackebrandt, E. (Eds.), The Prokaryotes. Proteobacteria: Gamma Subclass Vol. 6. Springer New York, New York, NY, pp. 920–930.

Brochothrix thermosphacta and *Pseudomonas fragi* in vitro and in meat. *Ann. Microbiol.* 65, 841–850.

Broekaert, K., Heyndrickx, M., Herman, L., Devlieghere, F., Vlaemynck, G., 2011. Seafood quality analysis: molecular identification of dominant microbiota after ice storage on several general growth media. *Food Microbiol.* 28, 1162–1169.

Broekaert, K., Heyndrickx, M., Herman, L., Devlieghere, F., Vlaemynck, G., 2013a. Molecular identification of the microbiota of peeled and unpeeled brown shrimp (*Crangon crangon*) during storage on ice and at 7.5 °C. *Food Microbiol.* 36, 123–134.

Calliauw, F., De Mulder, T., Broekaert, K., Vlaemynck, G., Michiels, C., Heyndrickx, M., 2016. Assessment throughout a whole fishing year of the dominant microbiota of peeled brown shrimp (*Crangon crangon*) stored for 7 days under modified atmosphere packaging at 4 °C without preservatives. *Food Microbiol.* 54, 60–71.

Casaburi, A., Martino, V., Ercolini, D., Parente, E., Villani, F., 2014. Antimicrobial activity of *Myrtus communis* L. water-ethanol extract against meat spoilage strains of

Casaburi, A., Piombino, P., Nychas, G.-J., Villani, F., Ercolini, D., 2014. Bacterial populations and the volatile associated to meat spoilage. *Food Microbiol.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2014.02.002>

Dainty, R. H. 1981. Volatile fatty acids detected in vacuum-packed beef during storage at chill temperatures. *Proceedings of the 27th European Meat Research Workers Conference, Vienna.* pp. 688- 690

Dalgaard, P. (2003). Spoilage of seafood. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2nd edn (edited by B. Caballero, L. Trugo & P.M. Finglas). Pp. 2462–2471. Oxford: Elsevier Science Ltd.

Dalgaard, P., H.L. Madsen, N. Samieian and J. Emborg, 2006. Biogenic amine formation and microbial spoilage in chilled garfish (*Belone belone*) effect of modified atmosphere packaging and previous frozen storage. *J. Applied Microbiol.*, 101: 80-95. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.02905.x

Dalgaard, P., Mejlholm, O., Huss, H.H., 1995. Conductance method for quantitative determination of *Photobacterium phosphoreum* in fish products. *J. Appl. Bacteriol.* 81,

Dalgaard, P., Vancanneyt, M., Euras Vilalta, N., Swings, J., Fruekilde, P., Leisner, J.J., 2003. Identification of lactic acid bacteria from spoilage associations of cooked and brined shrimps stored under modified atmosphere between 0 degrees C and 25 degrees C. *J. Appl. Microbiol.* 94, 80–89.

Doaa M. Mokhtar. 2021. *Fish Histology: From Cells to Organs*, Edition 2 .CHAPTER 3. Page42-43

Dong Sun Lee.2021, *Modified Atmosphere Packaging of Foods: Principles and Applications*

Drosinos, E., Nychas, G., 1996. Brochothrix thermosphacta, a dominant microorganism in Mediterranean fresh fish (Sparus aurata) stored under modified atmosphere. Ital. J. Food Sci (Rivista italiana di scienza degli alimenti).

Drosinos, E.H., Lambropoulou, K., Mitre, E., Nychas, G.J.E., 1997. Attributes of fresh gilt head seabream (Sparus aurata) fillets treated with potassium sorbate, sodium gluconate and stored under a modified atmosphere at 0 ± 1 °C. J. Appl. Microbiol. 83, 569–575.

Elina Jääskeläinen, Louise M.A. Jakobsen, Jenni Hultman, Nina Eggers, Hanne C. Bertram, Johanna Björkroth. (2019). Metabolomics and bacterial diversity of packaged yellowfin tuna (Thunnus albacares) and salmon (Salmo salar) show fish species-specific spoilage development during chilled storage

Emborg, J., B.G. Laursen and P. Dalgaard, 2005. Significant histamine formation in tuna (Thunnus albacares) at 2°C: Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on psychrotolerant bacteria. Int. J. Food Microbiol., 101: 263-279. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.12.001

Emborg, J., Laursen, B.G., Rathjen, T., Dalgaard, P., 2002. Microbial spoilage and formation of biogenic amines in fresh and thawed modified atmosphere-packed salmon (Salmo salar) at 2 °C. J. Appl. Microbiol. 92, 790–799.

Fall, P.A., Leroi, F., Cardinal, M., Chevalier, F., Pilet, M.F., 2010. Inhibition of Brochothrix thermosphacta and sensory improvement of tropical peeled cooked shrimp by Lactococcus piscium CNCM I-4031. Lett. Appl. Microbiol. 50, 357–361.

FAO., 1986. Fisheries Technical Papers-T142. The production of fish meal and oil. Fisheries Industries Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X6899E/X6899E00.HTM>

FAO., 2005. Post-harvest changes in fish. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. <http://www.fao.org/fishery/topic/12320/en>

Figge, M.J., Cleenwerck, I., van Uijen, A., De Vos, P., Huys, G., Robertson, L., 2014. Photobacterium piscicola sp. nov., isolated from marine fish and spoiled packed cod. Syst. Appl. Microbiol. 37, 329–335.

Fjellheim, A.J., Playfoot, K.J., Skjermo, J., Vadstein, O., 2007. Vibrionaceae dominates the microflora antagonistic towards Listonella anguillarum in the intestine of cultured Atlantic cod (Gadus morhua L.) larvae. Aquaculture 269, 98–106

Flodgaard, L.R., Dalgaard, P., Andersen, J.B., Nielsen, K.F., Givskov, M., Gram, L., 2005. Nonbioluminescent strains of Photobacterium phosphoreum produce the cell-to-cell communication signal N-(3-hydroxyoctanoyl)homoserine lactone. Appl. Environ. Microbiol. 71, 2113–2120.

- Foteini F. Parlapani a , Athanasios Mallouchos b , Serkos A. Haroutounian c , Ioannis S. Boziaris a.2014.** Microbiological spoilage and investigation of volatile profile during storage of sea bream fillets under various conditions pg 153-163
- Foteini F. Parlapani a , Athanasios Mallouchos b , Serkos A. Haroutounian c , Ioannis S. Boziaris a.2014.** Microbiological spoilage and investigation of volatile profile during storage of sea bream fillets under various conditions pg 153-163
- Frankel, E.N., 1985.** Chemistry of free radical and singlet oxidation of lipids. *Progress. Lipid Res.*, 23: 197-221
- Fraser, O. and S. Sumar, 1998.** Compositional changes and spoilage in fish. *Nutr. Food Sci.*, 5: 275-279.
- Gennari, M., Parini, M., Volpon, D., Serio, M., 1992.** Isolation and characterization by conventional methods and genetic transformation of psychrobacter and acinetobacter from fresh and spoiled meat, milk and cheese. *Int. J. Food Microbiol.* 15, 61–75.
- George M. Hall.2012.** *Fish Processing Technology: Edition 2.* 203-206
- Gibson, D.M. and Davis, H.K. (1995),** Fish and shellfish products in sous vide and modified atmosphere packs. In *Principles of Modified-atmosphere and sous vide Product Packaging*, Farber, J.M. and Dodds, K.L. (Eds), Technomic, Pennsylvania, pp. 153-174.
- Gill C. O., Tan K. H. (1980).** Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 39 317–319.
- Gill, C. O., and K. G. Newton. 1980.** Growth of bacteria on meat at room temperatures. *J. Appl. Bacteriol.* 49: 315-323
- Gillespie, N. C. and Macrae, I.C., (1975),** The Bacterial Flora of some Queensland Fish and its Ability to Cause Spoilage', *J. appl. Bact.*, 39, 91-100.
- Gimenéz B, Roncalés P and Beltrán J A 2002** Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout *J. Sci. Food Agric.* 82 1154–9
- Gimenez, B., Dalgaard, P., 2004.** Modelling and predicting the simultaneous growth of *Listeria monocytogenes* and spoilage micro-organisms in cold-smoked salmon. *J. Appl. Microbiol.* 96–109 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02137.x>.
- González, C.J., Encinas, J.P., García-López, M.L., Otero, A., 2000.** Characterization and identification of lactic acid bacteria from freshwater fishes. *Food Microbiol.* 17, 383–391.
- Gornik, S.G., Albalat, A., Theethakaew, C., Neil, D.M., 2013a.** Shelf life extension of whole Norway lobster *Nephrops norvegicus* using modified atmosphere packaging. *Int. J. Food Microbiol.* 167, 369–377.
- Gram L and Huss H H 1996** Microbiological spoilage of fish and fish products *Int. J. Food Microbiol.* 33 121–37

- Gram, L. & Huss, H.H. (1996).** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33, 121- 137.
- Gram, L., Dalgaard, P., 2002.** Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Curr. Opin. Biotech.* 13, 262–266 Mørretrø et al., 2016).
- Gram, L., Huss, H.H., 1996.** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology* 33, 121–137
- Gram, L., Melchiorson, J., 1996.** Interaction between fish spoilage bacteria *Pseudomonas* sp. and *Shewanella putrefaciens* in fish extracts and on fish tissue. *J. Appl. Bacteriol.* 80, 589–595.
- Heller, H.M., Tortora, G., Burger, H., 1990.** *Pseudomonas putrefaciens* bacteremia associated with shellfish contact. *Am. J. Med.* 88, 85–86.
- Hobbs, G., (1991),** 'Fish: Microbiological Spoilage and Safety, Food Science and Technology Today, 5 (3) 166-173.
- Hultin, H.O., 1994.** Oxidation of Lipids in Seafoods. In: *Seafoods Chemistry, Processing Technology and Quality*,
- Huss, H.H., (1988),** 'Fresh Fish and Quality Changes', Danida, FAO
- Huss, H.H., 1995.** Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper 348, FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/DOCREP/V7180E/V7180E00.HTM>
- Ingram, M., and R. H. Dainty. 1971.** Changes caused by microbes in spoilage of meats. *J. Appl. Bacteriol.* 34: 21-39.
- Isnansetyo, A., Kamei, Y., 2003.** *Pseudoalteromonas phenolica* sp. nov., a novel marine bacterium that produces phenolic anti-methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*
- Ivanova, E.P., Sawabe, T., Lysenko, A.M., Gorshkova, N.M., Svetashev, V.I., Nicolau, D.V., Yumoto, N., Taguchi, T., Yoshikawa, S., Christen, R., Mikhailov, V.V., 2002.** *Pseudoalteromonas ruthenica* sp. nov., isolated from marine invertebrates. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 52, 235–240.
- Ivanova, E.P., Sawabe, T., Lysenko, A.M., Gorshkova, N.M., Svetashev, V.I., Nicolau, D.V., Yumoto, N., Taguchi, T., Yoshikawa, S., Christen, R., Mikhailov, V.V., 2002.** *Pseudoalteromonas ruthenica* sp. nov., isolated from marine invertebrates. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 52, 235–240.
- Jacoby, G. A. 1964.** The induction and repression of amino acid oxidation in *Pseudomonas fluorescens*. *Biochem. J.* 92: 1-8
- Jaffres, E., Sohier, D., Leroi, F., Pilet, M.F., Prevost, H., Joffraud, J.J., Dousset, X., 2009.** Study of the bacterial ecosystem in tropical cooked and peeled shrimps using a polyphasic approach. *Int. J. Food Microbiol.* 131, 20–29.

Jay, J.M., Loessner, M.J. & Golden, D.A. (2005). Modern Food Microbiology, 7th edn. Pp. 109-124. New York: Springer Science + Business Media Inc.

Jérôme, M., Macé, S., Dousset, X., Pot, B., Joffraud, J.-J., 2016. Genetic diversity analysis of isolates belonging to the *Photobacterium phosphoreum* species group collected from salmon products using AFLP fingerprinting. *Int. J. Food Microbiol.* 217, 101–109.

Joffraud, J.-J., Cardinal, M., Cornet, J., Chasles, J.-S., Léon, S., Gigout, F., Leroi, F., 2006. Effect of bacterial interactions on the spoilage of cold-smoked salmon. *Int. J. Food Microbiol.* 112, 51–61.

Joffraud, J.J., Leroi, F., Roy, C., Berdague, J.L., 2001. Characterisation of volatile compounds produced by bacteria isolated from the spoilage flora of cold-smoked salmon. *Int. J. Food Microbiol.* 66, 175–184.

John P. Doyle.1995. Seafood Shelf Life as a Function of Temperature. <https://seagrant.uaf.edu/lib/asg/30/ASG-30.pdf>

Jonathan Balcombe. 06/2016. What a fish knows. The inner lives of our underwater cousin

Jones, R.P., Greenfield, P.F., 1982. Effect of carbon dioxide on yeast growth and fermentation. *Enzym. Microb. Technol.* 4, 210–223. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(82\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0141-0229(82)90034-5).

Juni, E., Heym, G.A., 1986. *Psychrobacter immobilis* gen. nov., sp. nov.: genospecies composed of gram-negative, aerobic, oxidase-positive coccobacilli. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 36, 388–391.

Khayat, A. and D. Schwall, 1983. Lipid oxidation in seafood. *Food Technol.*, 37: 130-140.

Koutsoumanis, K., Nychas, G.-J.E., 2000. Application of a systematic experimental procedure to develop a microbial model for rapid fish shelf-life predictions. *Int. J. Food Microbiol.* 60, 171–184.

Kumar P and Ganguly S (2014) Role of vacuum packaging in increasing shelf-life in fish processing technology. *Asian J. Bio. Sci.* 9(1),109-112

L. Kuuliala a, b, , Y. Al Hage a , A.-G. Ioannidis a, c , M. Sader d , F.-M. Kerckhof e, M. Vanderroost a , N. Boon e , B. De Baets d , B. De Meulenaer c , P. Ragaert a , F.Devlieghere a.(2018). Microbiological, chemical and sensory spoilage analysis of raw Atlantic cod (*Gadus morhua*) stored under modified atmospheres pg 232-244

L. Kuuliala a, b, * , M. Sader b , A. Solmeoa , R. Pérez-Fernández b , M. Vanderroost a , B. De Baets b, B. De Meulenaer c , P. Ragaert a , F. Devlieghere a.(2019). Spoilage evaluation of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) stored under modified atmospheres by multivariate statistics and augmented ordinal regression pg 46-57

Laursen, B.G., Leisner, J.J., Dalgaard, P., 2006. Carnobacterium species: effect of metabolic activity and interaction with Brochothrix thermosphacta on sensory characteristics of modified atmosphere packed shrimp. *J. Agric. Food Chem.* 54, 3604–3611.

Laursen, G.B., Bay, L., Cleenwerck, I., Vancanneyt, M., Swings, J., Dalgaard, P., Leisner, J.J., 2005b. Carnobacterium divergens and Carnobacterium maltaromaticum as spoilers or protective cultures in meat and seafood: phenotypic and genotypic characterization. *Syst. Appl. Microbiol.* 28, 151–164.

Leisner, J.J. & Gram, L. (1999). Spoilage of Fish. In: *Encyclopedia of Food Microbiology* (edited by C.A. Batt, P.D. Patel & R.K. Robinson). Pp. 813-820. San Diego, CA: Academic Press

Liston, J., (1979), Microbiology in Fishery Science, in 'Advances in Fish Science and Technology, Ed. Connell, J.J., Fishing News Books Ltd p.138-157. Nickelson, R. and Finne,

Lougovois, V.P. & Kyrana, V.R. (2005). Freshness Quality and Spoilage of Chill-Stored Fish. In: *Food Policy, Control and Research* (edited by A.P. Riley). Pp. 35-86. New York: Nova Science Publishers, Inc.

Lynneric Potter et al 2023. Food Packaging Technical Lead:

<https://www.campdenbri.co.uk/blogs/modified-atmosphere-packing.php>

Mace, S., Cardinal, M., Jaffres, E., Cornet, J., Lalanne, V., Chevalier, F., Serot, T., Pilet, M.F., Dousset, X., Joffraud, J.J., 2014. Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from spoiled cooked whole tropical shrimp (*Penaeus vannamei*) stored under modified atmosphere packaging. *Food Microbiol.* 40, 9–17.

Macé, S., Cornet, J., Chevalier, F., Cardinal, M., Pilet, M.-F., Dousset, X., Joffraud, J.-J., 2012a. Characterisation of the spoilage microbiota in raw salmon (*Salmo salar*) steaks stored under vacuum or modified atmosphere packaging combining conventional methods and PCR–TTGE. *Food Microbiol.* 30, 164–172.

Mace, S., Joffraud, J.J., Cardinal, M., Malcheva, M., Cornet, J., Lalanne, V., Chevalier, F., Serot, T., Pilet, M.F., Dousset, X., 2013. Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from spoiled raw salmon (*Salmo salar*) fillets stored under modified atmosphere packaging. *Int. J. Food Microbiol.* 160, 227–238.

Mamlouk, K., Macé, S., Guilbaud, M., Jaffrès, E., Ferchichi, M., Prévost, H., Pilet, M.-F., Dousset, X., 2012. Quantification of viable *Brochothrix thermosphacta* in cooked shrimp and salmon by real-time PCR. *Food Microbiol.* 30, 173–179.

Matsuyama, H., Minami, H., Kasahara, H., Kato, Y., Murayama, M., Yumoto, I., 2013. *Pseudoalteromonas arabiensis* sp. nov., a marine polysaccharide-producing bacterium. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 63, 1805–1809.

Matsuyama, H., Sawazaki, K., Minami, H., Kasahara, H., Horikawa, K., Yumoto, I., 2014. *Pseudoalteromonas shioyasakiensis* sp. nov., a marine polysaccharide-producing bacterium. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 64, 101–106.

- Meziti, A., Ramette, A., Mente, E., Kormas, K.A., 2010.** Temporal shifts of the Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) gut bacterial communities. *FEMS Microbiol. Ecol.* 74, 472–484.
- Miks-Krajnik, M., Yoon, Y.-J., Ukuku, D.O., Yuk, H.-G., 2016.** Volatile chemical spoilage indexes of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) stored under aerobic condition in relation to microbiological and sensory shelf lives. *Food Microbiol.* 53 (Part B), 182–191.
- Milijašević M 2011** Comparative study of selected quality parameters during storage of fresh trout (*Oncorhynchus mykiss*) packed in vacuum and modified atmosphere Doctoral dissertation (Belgrade: Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade)
- Newton, K. G., and C. O. Gill. 1978.** The development of the anaerobic spoilage flora of meat stored at chill temperatures. *J. Appl. Bacteriol.* 44: 91-95.
- Newton, K. G., and W. J. Rigg 1979.** The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum-packaged meat. *J. Appl Bacteriol.* 47: 433-441.
- Nickelson, R. and Finne, G., (1992),** 'Fish Crustaceans and Precooked Seafoods' in 'Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods', American Public Health Association, p.875-895
- Nieminen, T.T., Dalgaard, P., Björkroth, J., 2016.** Volatile organic compounds and *Photobacterium phosphoreum* associated with spoilage of modified-atmosphere-packaged raw pork. *Int. J. Food Microbiol.* 218, 86–95.
- Nowak, A., Rygala, A., Oltuszek-Walczak, E., Walczak, P., 2012.** The prevalence and some metabolic traits of *Brochothrix thermosphacta* in meat and meat products packaged in different ways. *J. Sci. Food Agric.* 92, 1304–1310
- O. Couvert et al 2017** Modeling carbon dioxide effect in a controlled atmosphere and its interactions with temperature and pH on the growth of *L. monocytogenes* and *P. fluorescens* *Food Microbiol.*
- Oh, Y.-S., Park, A.-R., Lee, J.-K., Lim, C.-S., Yoo, J.-S., Roh, D.-H., 2011.** *Pseudoalteromonas donghaensis* sp. nov., isolated from seawater. *Int. J. Syst. Evol.*
- P. Chattopadhyay, S. Adhikari 2014.** **FISH | Catching and Handling.** *Encyclopedia of Food Microbiology* (Second Edition), 2014
- Pennacchia, C., Ercolini, D., Villani, F., 2011.** Spoilage-related microbiota associated with
- Philip A. Hastings.** 01/2015. *Fishes : A guide to their diversity positive and negative effects in the environment and in foods.* *FEMS Microbiol. Rev.*
- Prapaiwong, N., Wallace, R.K., Arias, C.R., 2009.** Bacterial loads and microbial composition in high pressure treated oysters during storage. *Int. J. Food Microbiol.* 131,
- Provincial L, Gil M, Guillen E, Alonso V, Roncales P and Beltran J A 2010** Effect of modified atmosphere packaging using different CO₂ and N₂ combinations on physical,

chemical, microbiological and sensory changes of fresh sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets Int. J. Food Sci. Technol. 45 1828–36

Pujalte, M.J., Sitjà-Bobadilla, A., Macián, M.C., Álvarez-Pellitero, P., Garay, E., 2007. Occurrence and virulence of *Pseudoalteromonas* spp. in cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Molecular and phenotypic characterisation of *P. undina* strain U58. Aquaculture 271, 47–53 quantify viable *Photobacterium phosphoreum* bacteria in salmon (*Salmo salar*) steaks.

Rajesh R, Ravi Shankar C N, Srinivasa Gopal T K and Varma P R G(2002) Effect of vacuum packaging and sodium acetate on the shelf life of seer fish during iced storage. Packaging Technol.and Science 15(5), 241–245.

Raveena Kargwal, MK Garg, VK Singh, Ruby Garg and Nitin Kumar.2020. Principles of modified atmosphere packaging for shelf life extension of fruits and vegetables: An overview of storage conditions.

Ravi Sankar, C.N., Lalitha, K.V., Jose, L., Manju, S. & Gopal, T.K.S. (2008). Effect of packaging atmosphere on the microbial attributes of pearlspot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored at 0-2°C. Food Microbiology, 25, 518-528

Reddy, N.R., Armstrong, D.J., Rhodehamel, E.J. and Kauter, D.A. (1992), Shelf-life extension safety concerns about fresh fishery products packaged under modified atmospheres a re Food Saf. 12, 87-118.

Richards, G.P., Watson, M.A., Crane 3rd, E.J., Burt, I.G., Bushek, D., 2008. *Shewanella* and *Photobacterium* spp. in oysters and seawater from the Delaware Bay. Appl. Environ. Microbiol. 74, 3323–3327.

Robertson, G.L. (2006). Food Packaging: Principles and Practice. Food Science and Technology, Taylor & Francis, Boca Raton, FL. ISBN: 0-8493-3775-5.

Romanenko, L.A., Zhukova, N.V., Rohde, M., Lysenko, A.M., Mikhailov, V.V., Stackebrandt, E., 2003. *Pseudoalteromonas agarivorans* sp. nov., a novel marine agarolytic bacterium. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 53, 125–131.

Roth, L. A., and D. S. Clark. 1975. Effect of lactobacilli and carbon dioxide on the growth of *Microbacterium thermosphaerum* on fresh beef. Can. J. Microbiol. 21: 629-632.

Sahoo J and Kumar N (2005) Quality of Vacuum Packaged Muscle Foods Stored Under Frozen Conditions: A Review. Journal of Food Science and Technology 42(3), 209-213

Sanjogta Thapa Magar. Factors affecting the growth of microorganisms in food. March 16, 2022: <https://microbenotes.com/factors-affecting-the-growth-of-microorganisms-in-food/>

Satomi, M., Vogel, B.F., Venkateswaran, K., Gram, L., 2007. Description of *Shewanella glacialipiscicola* sp. nov. and *Shewanella algidipiscicola* sp. nov., isolated from marine

fifish of the Danish Baltic Sea, and proposal that *Shewanella affiffiffinis* is a later heterotypic synonym of *Shewanella colwelliana*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 57, 347–352

Shewan, 1977. J.M. Shewan. The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes induced by bacterial action.

Sian Egerton, Sarah Culloty, Jason Whooley, Catherine Stanton and R. Paul Ross.2018.

The Gut Microbiota of Marine Fish:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.00873/full>

Simopoulos AP. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development, a review. *Am J Clin Nutr.* 54:438–463.

Stamatis, N. & Arkoudelos, J. (2007). Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. *Food Control*, 18, 292-300.

Stammen, K., Gerdes, D. and Caporaso, F. (1990), Modified atmosphere packaging of seafood *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 29, 301-316

T. Ross and P. Dalgaard, “Secondary Models,” In: R. C. McKellar and X. Lu, Eds., *Modeling Microbial Responses in Food*, CRC Press, New York, **2004**

Thurman, H.V. and H.H. Webber (1984). *MarineBiology*. Charles E. Merrill Publishing C. A. Bell and Howell Co. Columbus, Ohio.

Unklesbay, N., 1992. *World Food and You*. Food Product Press, New York, 1560220104pp. 251

Vogel, B.F., Venkateswaran, K., Satomi, M., Gram, L., 2005. Identification of *Shewanella baltica* as the most important H₂S-producing species during iced storage of Danish marine fifish. *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 6689–6697.

Wilson, B., Danilowicz, B.S., Meijer, W.G., 2008a. The diversity of bacterial communities associated with Atlantic cod *Gadus morhua*. *Microb. Ecol.* 55, 425–434.

Wright, M.H., Matthews, B., Arnold, M.S.J., Greene, A.C., Cock, I.E., 2016. The prevention of fifish spoilage by high antioxidant Australian culinary plants: *Shewanella putrefaciens* growth inhibition. *Int. J. Food Sci. Technol.* 51, 801–813

Xu, X.W., Wu, Y.H., Wang, C.S., Gao, X.H., Wang, X.G., Wu, M., 2010.

Pseudoalteromonas lipolytica sp. nov., isolated from the Yangtze River estuary. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 60, 2176–2181.

Zagory, D. (1994) Fundamentals of reduced-oxygen packaging, in *Modified Atmosphere Food Packaging* (ed. A.L. Brody). Institute of Packaging Professionals, Herndon, VA, pp. 9–17.

Zhao, C.H., Luo, J.J., Gong, T., Huang, X.L., Ye, D.Z., Luo, Z.H., 2014a. *Pseudoalteromonas xiamenensis* sp. nov., a marine bacterium isolated from coastal surface seawater. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 64, 444–448.

Zhu, J., Huang, X., Zhang, F., Feng, L., Li, J., 2015. Inhibition of quorum sensing, biofilm, and spoilage potential in *Shewanella baltica* by green tea polyphenols. *J. Microbiol.* 53, 829–836

Β. Λουγκοβόης. (2021). Αυτόλυση και Μικροβιακή Αλλοίωση Νωπών Ιχθυηρών. Επιστήμη και Τεχνολογία Ιχθυηρών και Προϊόντων τους.,7-8.

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ – ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΠΗΓΗ: From Burgess, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A., Waterman, J.J., 1965. *Fish Handling & Processing*. Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh, p. 275.

ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΠΗΓΗ: From Burgess, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A., Waterman, J.J., 1965. *Fish Handling & Processing*. Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh, p. 279.

ΕΙΚΟΝΑ 3: Η ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΒΙΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΌΠΩΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΕ ΟΞΥΓΟΝΟ Πηγή: R. T. Parry , *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*, Dec. 2012, Springer Science & Business Media, pg. 8

ΕΙΚΟΝΑ 4: ΘΕΡΜΟΜΟΡΦΗ ΦΟΡΜΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΦΡΑΓΙΣΗΣ Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Thermoform-Form-Fill-SealTFFS-Anon-2012c_fig3_309820066

ΕΙΚΟΝΑ 5: ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΥΠΟ ΚΕΝΟ Πηγή: <https://marketresearch.biz/report/vacuum-packaging-market/>

ΠΙΝΑΚΕΣ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Ελάχιστες, βέλτιστες και μέγιστες τιμές aw για διάφορα τροφιμογενή παθογόνα βακτήρια (ICMSF, 1996).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΟ MAP

ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΛΛΟΙΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ (SSOs)

- Οι ειδικοί οργανισμοί αλλοίωσης (SSOs) είναι μικρό κλάσμα της αρχικής χλωρίδας και μπορούν να πολλαπλασιαστούν ταχύτερα σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα.
- Ο κοινός μικροβιόκοσμος της εντερικής χλωρίδας περιλαμβάνει πολλά βακτηριακά στελέχη, αλλά μόνο λίγα από αυτά συμμετέχουν ενεργά στο μεταβολισμό των μεταβολικών προϊόντων.
- Ορισμένα βακτήρια δεν μπορούν να παράγουν δύσοσμους μεταβολίτες υπό τις συνθήκες που επικρατούν στο προϊόν.
- Ορισμένα βακτήρια παράγουν δύσοσμες ενώσεις σε αλλοιωμένο μυϊκό ιστό, υπό ευνοϊκές συνθήκες που δημιουργούνται από άλλα συστατικά της χλωρίδας.
- Η σύνθεση του μικροβιακού κοινού μπορεί να επηρεάσει τη μεταβολική δραστηριότητα και την ανάπτυξη.
- Οι βακτηρίδια *Shewanella* και *Pseudomonas* είναι συνήθως σχετιζόμενα με την αλλοίωση των ιχθυηρών.
- Τα είδη *Pseudomonas* παράγουν πτητικές ενώσεις και αμμωνία, ενώ τα είδη *Shewanella* παράγουν ισχυρές-ισχυρές αμμωνιακές και υδροθειούχες οσμές.
- Τα *Psychrobacter* και *Acinetobacter*, τα οποία απομονώνονται συχνά από μεγάλο αριθμό δειγμάτων, δεν παράγουν σημαντικά μεταβολικά παραπροϊόντα και η συμμετοχή τους στην αλλοίωση θεωρείται αμελητέα, παρά την ικανότητά τους να αναπτύσσονται καλά σε χαμηλές θερμοκρασίες.

