



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ &
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μεταβολές στη σύσταση τεσσάρων (4) ειδών αλιευμάτων κατά τους μήνες
Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

Καραμανάβης Λάμπρος
Μαυράκου Αναστασία

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

Ζώτος Αναστάσιος

**Μεταβολές στη σύσταση τεσσάρων (4) ειδών αλιευμάτων κατά τους μήνες
Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.**

Καραμανάβης Λάμπρος & Μαυράκου Αναστασία

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (Α.Τ.Ε.Ι.Θ),
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή
του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Ημερομηνία: 14/10/2011

Εισηγητής: Ζώτος Αναστάσιος

Μεταβολές στη σύσταση τεσσάρων (4) ειδών αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.

Επιμέλεια: Καραμανάβης Λάμπρος & Μαυράκου Αναστασία

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (Α.Τ.Ε.Ι.Θ),
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141

Περίληψη

Μελετήθηκαν οι μεταβολές στη μέση σύσταση (υγρασία, τέφρα, λιπαρές ύλες, πρωτεΐνες), στον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των λιπαρών οξέων, στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και στην περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα (Zn, Al, Cu, Cd, Pb), σε 4 είδη εμπορικών αλιευμάτων, κουτσομούρα (*Mullus barbatus*), σκουμπρί (*Scomber scombrus*), χταπόδι (*Octopus vulgaris*) και τσιπούρα (*Sparus aurata*). Από τα αποτελέσματα της μέσης σύστασης, διαπιστώθηκε σημαντική διακύμανση στην περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες σε όλα τα δείγματα. Τα κυριότερα λιπαρά οξέα που ανιχνεύθηκαν στα εξεταζόμενα είδη ήταν το C16:0 (21,48-27,98%), το C20:5ω-3 (EPA) (7,09-19,51%), το C22:6ω-3 (DHA) (10,72-30,18%) και το C18:1ω-9 (5,86-24,18%). Διαπιστώθηκε ότι όλα τα εξεταζόμενα είδη αποτελούν αξιόλογες πηγές ω-3 λιπαρών οξέων (22,51-52,05%) και ιδιαίτερα EPA και DHA, των οποίων το σύνολο κυμάνθηκε από 17,81 έως 43,02%. Η αναλογία ω-3/ω-6 κυμάνθηκε από 2,3 έως 18,6, αναδεικνύοντας τη σημαντική συμβολή των συγκεκριμένων ειδών στη διατροφή του ανθρώπου. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κυμάνθηκε από 43,75 έως 121,00 mg/100 g εδώδιμης σάρκας στα δείγματα κουτσομούρας, από 38,00 έως 62,00 mg/100 g εδώδιμης σάρκας στα δείγματα σκουμπριού, από 42,00 έως 112,00 mg/100g εδώδιμης σάρκας στα δείγματα τσιπούρας, ενώ στα δείγματα χταποδιού κυμάνθηκε από 180,5 έως 251,00 mg/100 g εδώδιμης σάρκας, χωρίς ωστόσο να υπερβαίνει την ημερήσια αναγκαία για τον ανθρώπινο οργανισμό δόση των 300 mg. Η περιεκτικότητα σε Cu κυμάνθηκε από 0,14 έως 5,53 mg/kg, σε Zn από 5,46 έως 31,03 mg/kg, σε Al από 5,57 έως 214,89 mg/kg και σε Pb από 1,12 έως 2,30 mg/kg εδώδιμης σάρκας, ενώ αντίθετα Cd δεν ανιχνεύτηκε στα δείγματα. Διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή της μεθόδου υγρής χώνευσης δεν ενδείκνυται για τον προσδιορισμό του Al, ενώ δεν επηρέασε την ανίχνευση των λοιπών μετάλλων. Οι συγκεντρώσεις όλων των μετάλλων κυμάνθηκαν εντός των ορίων που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	1
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	2
2.1 Διαίρεση αλιευμάτων.....	2
2.1.1 Αλιεύματα με οστέινη μάζα (οστειχθύες)	2
2.1.2 Αλιεύματα με χόνδρους (χονδροϊχθύες).....	3
2.1.3 Οστρακόδερμα.....	3
2.2 Μεταβολές της σύστασης των αλιευμάτων	6
2.2.1 Λιπαρές ύλες.....	9
2.2.2 Πρωτεΐνες αλιευμάτων	19
2.2.3 Μέταλλα.....	22
2.3 Έλεγχος μεταβολών της σύστασης των αλιευμάτων.....	30
2.3.1 Έλεγχος υγρασίας.....	30
2.3.2 Έλεγχος τέφρας	30
2.3.3 Έλεγχος πρωτεϊνών.....	31
2.3.4 Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών.....	32
2.3.5 Έλεγχος μεταβολών μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων (FAME)	32
2.3.6 Έλεγχος μεταβολών χοληστερόλης	33
2.3.7 Έλεγχος των μετάλλων	33
3. Σκοπός της εργασίας	34
4. Πειραματικό μέρος.....	35
4.1 Υλικά και μέθοδοι.....	35
4.1.1 Αλιεύματα	35
4.1.2 Αντιδραστήρια.....	35
4.1.3 Όργανα.....	35
4.2 Επεξεργασία/Προετοιμασία δειγμάτων.....	36

4.3 Μέθοδοι ανάλυσης.....	36
4.3.1 Προσδιορισμός υγρασίας.....	36
4.3.2 Προσδιορισμός τέφρας.....	37
4.3.3 Προσδιορισμός πρωτεϊνών.....	37
4.3.4 Προσδιορισμός ολικού λίπους.....	38
4.3.5 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων.....	39
4.3.6 Προσδιορισμός χοληστερόλης.....	42
4.3.7 Προσδιορισμός μετάλλων (Zn, Al, Cu, Cd, Pb).....	43
4.3.8 Στατιστική ανάλυση.....	45
5. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	45
5.1 Μέτρηση του μήκους και του βάρους των αλιευμάτων.....	45
5.2 Μεταβολές στη μέση σύσταση των αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	46
5.2.1 Μεταβολές στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (<i>Mullus barbatus</i>) κατά του μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	46
5.2.2 Μεταβολές στη μέση σύσταση του σκουμπριού (<i>Scomber scombrus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	48
5.2.3 Μεταβολές στη μέση σύσταση του χταποδιού (<i>Octopus vulgaris</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	50
5.2.4 Μεταβολές στη μέση σύσταση των δειγμάτων τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	52
5.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο σύνολο των λιπαρών οξέων των αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	54
5.3.1 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων κουτσομούρας (<i>Mullus barbatus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	54
5.3.2 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων σκουμπριού (<i>Scomber scombrus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	56
5.3.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων χταποδιού (<i>Octopus vulgaris</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	59

5.3.4 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων τσιπούρας (<i>Sparus Aurata</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	61
5.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα των αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	64
5.4.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα της κουτσομούρας (<i>Mullus barbatus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	64
5.4.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα του σκουμπριού (<i>Scomber scombrus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	65
5.4.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα του χταποδιού (<i>Octopus vulgaris</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	66
5.4.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	67
5.5 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	69
5.5.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της κουτσομούρας (<i>Mullus barbatus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	69
5.5.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του σκουμπριού (<i>Scomber Scombrus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	70
5.5.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του χταποδιού (<i>Octopus vulgaris</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	72
5.5.4 Μεταβολές στη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στη τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	74
5.6 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	75
5.6.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα της κουτσομούρας (<i>Mullus Barbatus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	75
5.6.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα του σκουμπριού (<i>Scomber Scombrus</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο ...	77
5.6.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα του χταποδιού (<i>Octopus Bulgaris</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο	78

5.6.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.....	79
6. Συμπεράσματα.....	80
7. Βιβλιογραφία.....	81

1. Εισαγωγή

Η μέση σύσταση όλων των θαλασσιών ειδών υπόκειται σε τρομακτικές διακυμάνσεις ανάλογα με την εποχή, τη γεωγραφική θέση αλίευσης, το μέγεθος, το φύλο και την τροφή που καταναλώνουν. Αλλά οι ριζικότερες διακυμάνσεις είναι αναμφίβολα αποτέλεσμα της εκ νέου μυϊκής συγκρότησης (ανάπλασης), που προέρχεται από τον κύκλο αναπαραγωγής και τη συνοδευμένη εξάντληση που παρατηρείται στα αλιεύματα (Karakoltsidis *et al.*, 1995; Guner *et al.*, 1998; Alasalvar *et al.*, 2001; Grigorakis, 2007).

Οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων συμβάλουν σημαντικά στην καλή υγεία του καταναλωτή. Οι ευεργετικές ιδιότητες των λιπαρών υλών των αλιευμάτων οφείλονται στα περιεχόμενα λιπαρά τους οξέα, των οποίων η περιεκτικότητά τους ως μεταβαλλόμενη καλό είναι να ελέγχεται (Aggelousis and Lazos, 1991; Osman *et al.*, 2001; Gokce *et al.*, 2004).

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των αλιευμάτων σε χοληστερόλη είναι σημαντικό να μελετηθεί για να διαπιστωθεί και να επιβεβαιωθεί η περιεκτικότητά τους και η σημαντική συμβολή τους στην ανθρώπινη διατροφή (Kinsella *et al.*, 1977; Imre and Saglik, 1998; Osman *et al.*, 2001).

Είναι επίσης σημαντική η απόκτηση γνώσης για την περιεκτικότητα των αλιευμάτων σε μέταλλα, όπως και στα λοιπά τρόφιμα, γιατί κάποια εξ αυτών έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, όταν συναντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις (Uluturhan and Kucuksezgin, 2007; Oluozlu *et al.*, 2007).

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να μελετηθούν οι ανωτέρω μεταβολές σε τέσσερα από τα εμπορικότερα είδη αλιευμάτων της χώρας. Να καταγράψουν οι μεταβολές αυτές, ώστε να δοθεί η δυνατότητα: α) στη βιομηχανία επεξεργασίας αλιευμάτων, να αποκτήσει πλήρη γνώση για την καταλληλότερη εποχή αξιοποίησης των αλιευμάτων που προέρχονται από τις Ελληνικές θάλασσες, αφενός ως προς τη βασική σύσταση τους (λίπος, πρωτεΐνες), η οποία επηρεάζει σημαντικά την επεξεργασία τους και αφετέρου ως προς την πιθανή εποχιακή μεταβολή της περιεκτικότητας σε μέταλλα (αποφυγή αξιοποίησής τους), β) στον καταναλωτή, για καλύτερη αξιοποίηση της σημαντικής διατροφικής αξίας των λιπαρών τους υλών, συνδυαστικά με την αποφυγή κατανάλωσής τους σε περιόδους που εμφανίζουν προβλήματα τοξικότητας (υψηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα, πιθανώς υψηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη).

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Διαίρεση αλιευμάτων

Τα αλιεύματα αποτελούν μια συνομοταξία ζώντων οργανισμών η οποία περιλαμβάνει σπονδυλωτά και με χόνδρους, αποκλειστικά προσαρμοσμένα σε υδρόβια διαβίωση. Η κύρια διάκριση τους γίνεται σε αυτά με οστέινη μάζα και σε αυτά με χόνδρους (Arino *et al.*, 2003). Τα εμπορικότερα είδη αλιευμάτων (ψαριών) στην Ελλάδα δίνονται στον Πίνακα 1 (FAO, 2009).

2.1.1 Αλιεύματα με οστέινη μάζα (οστεϊχθύες)

Οι οστεϊχθύες αποτελούν ομάδα ψαριών με χαρακτηριστικό την παρουσία οστέινου σκελετού. Είναι η επικρατέστερη ομάδα υδρόβιων οργανισμών, με 20.000 περίπου είδη. Το σχήμα του σώματος τους είναι ατρακτοειδές το οποίο χωρίζεται σε κεφάλι, κορμό και ουρά. Όλοι σχεδόν οι οστεϊχθύες φέρουν ειδικό υδροστατικό όργανο, τη νηκτική κύστη. Η ομοταξία των οστεϊχθύων χωρίζεται σε τρεις τάξεις, τα κροσσοπτερύγια, τα δίπνοα και τα ακτινοπτερύγια. Πιο γενικά ο διαχωρισμός των αλιευμάτων αυτών γίνεται σε λευκά ή άπαχα αλιεύματα και λιπαρά αλιεύματα (Arino *et al.*, 2003).

2.1.1.1 Άπαχα αλιεύματα

Η σάρκα των αλιευμάτων αυτών έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος (μικρότερη από 3%) και αποτελούνται κυρίως από μύες και λεπτά στρώματα συνδετικού ιστού.

Τα επίπεδα των ιχνοστοιχείων καθώς και οι συγκεντρώσεις των βιταμινών της σειράς Β είναι παρόμοιες με εκείνες των χερσαίων ζώων. Ωστόσο τα πολύ λεπτά οστά, που συνήθως καταναλώνονται με τη σάρκα των αλιευμάτων, μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την περιεκτικότητα σε ασβέστιο. Επιπλέον τα άπαχα αλιεύματα συσσωρεύουν λίπος στο ήπαρ τους και τις κυτταρικές τους μεμβράνες, το οποίο αποτελεί πηγή πλούσια σε βιταμίνη Α (ρετινόλη), βιταμίνη D και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς ανθρακικής αλυσίδα (PUFA). Τέτοια αλιεύματα είναι ο μπακαλιάρος, η γλώσσα, το λυθρίνι και γενικά τα αλιεύματα που έχουν λευκή σάρκα (Arino *et al.*, 2003).

2.1.1.2 Λιπαρά αλιεύματα

Τα αλιεύματα αυτά, όπως φαίνεται και από το όνομα τους, έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες στη σάρκα τους (ποσοστό από 1 έως 28%). Η σάρκα των αλιευμάτων αυτών είναι περισσότερο σκουρόχρωμη από αυτή των λευκών αλιευμάτων καθώς και πλουσιότερη σε βιταμίνες της σειράς Β. Επίσης η περιεκτικότητά τους σε βιταμίνες Α και D είναι ιδιαίτερα υψηλή. Η περιεκτικότητά τους σε λίπος σχετίζεται με τον κύκλο αναπαραγωγής τους. Πιο συγκεκριμένα κατά το στάδιο της αναπαραγωγής μειώνεται σημαντικά η περιεκτικότητα σε λίπος (περίπου 1–2%). Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων διαφέρουν σημαντικά, με τα λιπαρά αλιεύματα να θεωρούνται ως καλύτερη πηγή σιδήρου. Το λίπος των αλιευμάτων αυτών, είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς ανθρακικής αλυσίδας, ειδικά της σειράς ω-3, όπως το εικοσιπενταενοϊκό (EPA) και εικοσιδιεξαενοϊκό οξύ (DHA). Τα αλιεύματα αυτής της κατηγορίας συσσωρεύουν το λίπος κυρίως κάτω από το δέρμα και στην κοιλιακή τους χώρα. Τέτοια αλιεύματα είναι η σαρδέλα, ο τόνος, η παλαμίδα, το χέλι κλπ. (Arino *et al.*, 2003).

2.1.2 Αλιεύματα με χόνδρους (χονδροϊχθύες)

Οι χονδροϊχθύες είχαν μεγάλη διάδοση ωστόσο με το πέρασμα του χρόνου διάφορα είδη εξαφανίζονταν και σήμερα υπάρχει μόνο μικρός αριθμός αντιπροσωπευτικών ειδών. Η ομοταξία των χονδροϊχθύων χωρίζεται σε δύο τάξεις, στα σαλάχια και στις χίμαιρες. Μέχρι σήμερα έχουν μελετηθεί περίπου 31.000 είδη ψαριών, από τα οποία 3.000 ανήκουν στην ομοταξία των χονδροϊχθύων. Η σάρκα των αλιευμάτων αυτών είναι πλούσια σε συνδετικό ιστό και περιέχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος. Το λίπος τους βρίσκεται κατά κύριο λόγο συσσωρευμένο στο ήπαρ τους. Περιέχουν επίσης βιταμίνες και ιχνοστοιχεία σε συγκέντρωση ανάλογη με αυτή των λευκών αλιευμάτων (Arino *et al.*, 2003).

2.1.3 Οστρακόδερμα

Ο όρος οστρακόδερμο περιλαμβάνει οποιοδήποτε υδρόβιο ασπόνδυλο, το οποίο έχει εξωτερικό σκελετό όπως τα μαλάκια, μαλακόστρακα κλπ. Λόγω της παρουσίας σκληρού εξωτερικού σκελετού, η εδώδιμη ποσότητα στα οστρακόδερμα (περίπου 40%) είναι λιγότερη από την αντίστοιχη των ψαριών, με εξαίρεση τα κεφαλόποδα, των οποίων το ποσοστό της εδώδιμης σάρκας τους είναι της τάξης του 70–75% (Arino *et al.*, 2003).

2.1.3.1 Μαλάκια

Τα μαλάκια είναι ζώα με αμφίπλευρη συμμετρία, με σώμα μαλακό, χωρίς σκελετό και αρθρώσεις και χωρίς κινητά άκρα. Στα περισσότερα μαλάκια το σώμα είναι κλεισμένο μέσα σε ασβεστώδες κοχύλι, που σχηματίζεται από εκκρίσεις της επιδερμίδας, η οποία καλύπτει το εσωτερικό του κοχυλίου και ονομάζεται μανδύας.

Η συνομοταξία των μαλακίων ταξινομείται στις εξής ομοταξίες: Αμφίνευρα, Μονοπλακοφόρα, Γαστρερόποδα, Σκαφόποδα, Δίθυρα και Κεφαλόποδα.

Οι ομοταξίες περιλαμβάνουν πολλές τάξεις. Περισσότερο γνωστά είδη μαλακίων είναι: τα σαλιγκάρια και οι γυμνοσάλιαγκες που ανήκουν στα γαστερόποδα, τα μύδια, τα στρείδια και αχιβάδες που ανήκουν στα δίθυρα, καθώς και επίσης οι σουπιές, τα χταπόδια και τα καλαμάρια που ανήκουν στα κεφαλόποδα.

Η σάρκα των κεφαλοπόδων είναι μυώδης με χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος, το οποίο αποτελείται από κορεσμένα λιπαρά οξέα και είναι πλουσιότερο σε χοληστερόλη σε σχέση με το λίπος των αλιευμάτων.

Τα επίπεδα των ιχνοστοιχείων στα μαλάκια είναι συνήθως υψηλότερα από αυτά των λοιπών αλιευμάτων, ενώ η συγκέντρωση των βιταμινών είναι συνήθως χαμηλότερη (Agiro *et al.*, 2003).

2.1.3.2 Μαλακόστρακα

Ζώα που ανήκουν στην τάξη των αρθρόποδων και, εκτός από λίγες εξαιρέσεις ζουν στη θάλασσα. Στα είδη αυτά ανήκουν οι γαρίδες, οι караβίδες, οι αστακοί, τα καβούρια κ.α. Ανήκουν στη γενική κατηγορία των καρκινοειδών και αποτελούν τα ανώτερα καρκινοειδή, ενώ τα κατώτερα αποτελούν τα εντομόστρακα.

Το σώμα τους αποτελείται από διάφορα τμήματα που είναι ακίνητα στα μαλακόστρακα. Το κεφάλι, τις περισσότερες φορές, είναι κολλημένο με ορισμένους δακτύλιους στο θώρακα και σχηματίζεται από ένα χιτινώδες περίβλημα διαποτισμένο με ανθρακικό ασβέστιο. Έχουν δύο ζεύγη κεραίες που συνήθως το ένα είναι πολύ μεγαλύτερο από το άλλο. Επίσης έχουν κοιλιακά πόδια τα οποία βοηθούν στη σύλληψη της τροφής τους καθώς και στην ικανότητα να αναπλάθουν ένα τμήμα του σώματος τους που έχει υποστεί βλάβη ή έχει αποκοπεί.

Η σάρκα τους έχει χαρακτηριστικά χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος και υψηλά επίπεδα ιχνοστοιχείων ενώ τα επίπεδα των βιταμινών είναι όμοια με εκείνα των λοιπών αλιευμάτων (Agiro *et al.*, 2003).

Πίνακας 1. Εμπορικότερα είδη ψαριών της Ελληνικής επικράτειας (FAO, 2009)

Τάξη	Οικογένεια	Επιστημονική ονομασία	Αγγλική ονομασία	Ελληνική ονομασία
Acipenseriformes	Acipenseridae	<i>Acipenser sturio</i>	Sturgeon	Ξυρούχι
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Alosa macedonica</i>	Macedonia shad	Λιπαριά
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Barbus peloponnesius</i>		Χαμοσουρτής
Perciformes	Sparidae	<i>Boops boops</i>	Bogue	Γόπα
Perciformes	Sparidae	<i>Dentex dentex</i>	Common dentex	Συναγρίδα
Perciformes	Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	European seabass	Λαυράκι
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	European anchovy	Γαύρος
Esociformes	Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Northern pike	Τούρνα
Gadiformes	Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i>	European hake	Μπακαλιάρος
Gadiformes	Gadidae	<i>Micromesistius poutassou</i>	Blue whiting	Προσφυγάκι
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Flathead mullet	Κέφαλος
Perciformes	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	Striped red mullet	Μπαρμπούνι
Perciformes	Sparidae	<i>Oblada melanura</i>	Saddled seabream	Μελανούρι
Perciformes	Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i>	Common seabream	Φαγγρί
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Roach	Πλατίκα Βεγορίτιδας
Perciformes	Scombridae	<i>Sarda sarda</i>	Atlantic bonito	Παλαμίδα
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	European pilchard	Σαρδέλα
Perciformes	Sparidae	<i>Sarpa salpa</i>	Salema	Σάλπα
Perciformes	Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	Chub mackerel	Κολιός
Perciformes	Scombridae	<i>Scomber scombrus</i>	Atlantic mackerel	Σκουμπρί
Perciformes	Scombridae	<i>Scomberomorus commerson</i>	Narrow-barred Spanish mackerel	Ταινιοπαλαμίδα
Perciformes	Siganidae	<i>Siganus rivulatus</i>	Marbled spinefoot	Αγριόσαλπα άσπρη
Pleuronectiformes	Soleidae	<i>Solea solea</i>	Common sole	Γλώσσα
Perciformes	Sparidae	<i>Sparus aurata</i>	Gilthead seabream	Τσιπούρα
Perciformes	Carangidae	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Mediterranean horse mackerel	Ασπροσαύριδο
Perciformes	Mullidae	<i>Upeneus moluccensis</i>	Goldband goatfish	Λοχίας
Cyprinodontiformes	Valenciidae	<i>Valencia letourneuxi</i>	Corfu toothcarp	Ζουρνάς
Perciformes	Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i>	Swordfish	Ξιφίας

2.2 Μεταβολές της σύστασης των αλιευμάτων

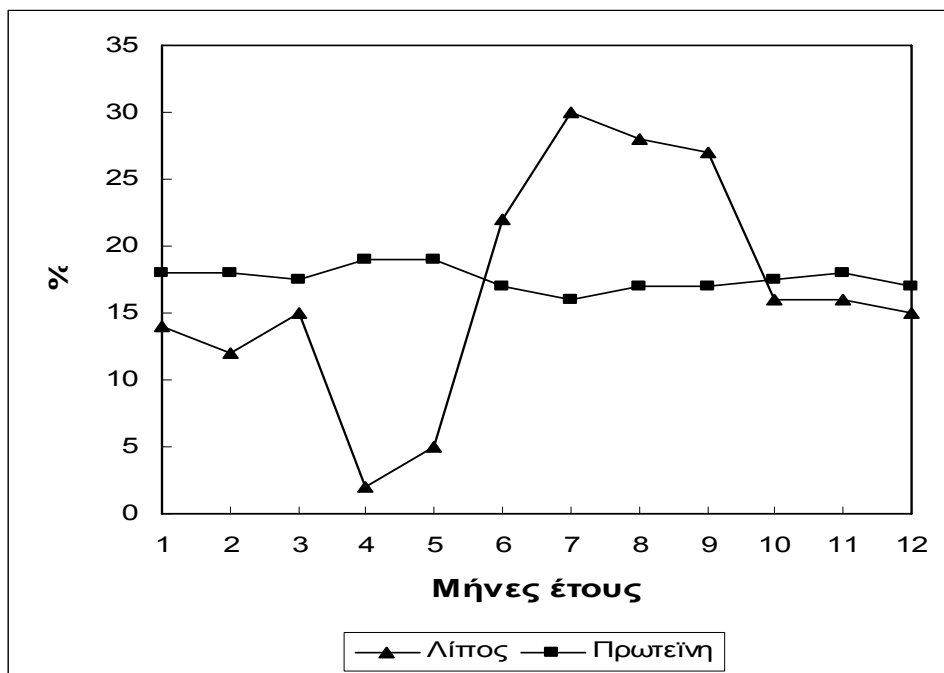
Η μέση σύσταση όλων των θαλάσσιων ειδών υπόκειται σε διακυμάνσεις ανάλογα με την εποχή, τη γεωγραφική θέση αλίευσης, το μέγεθος, το φύλο, την τροφή που καταναλώνουν, αλλά οι ριζικότερες διακυμάνσεις είναι αναμφίβολα αποτέλεσμα της εκ νέου μυϊκής συγκρότησης (ανάπλασης) που προέρχεται από τον κύκλο αναπαραγωγής και τη συνοδευμένη εξάντληση που παρατηρείται στα αλιεύματα (Karakoltsidis *et al.*, 1995; Guner *et al.*, 1998; Alasalvar *et al.*, 2002; Grigorakis, 2007).

Οι διαφορετικές μορφές αποθηκευμένης ενέργειας δεν αξιοποιούνται ταυτόχρονα από τα αλιεύματα, υπάρχει μια διαδοχή στην αξιοποίησή τους, που είναι ανάλογη με το είδος του αλιεύματος και την έκταση εξάντλησής τους. Γενικά, μπορεί να παρατηρηθεί ότι ως πηγή ενέργειας που πρώτα αξιοποιείται είναι οι αποθηκευμένες λιπαρές ύλες, (Nagai and Ikeda, 1971) ωστόσο μπορούν να διαπιστωθούν μεγάλες αποκλίσεις οι οποίες κυρίως εξαρτώνται από το είδος του αλιεύματος.

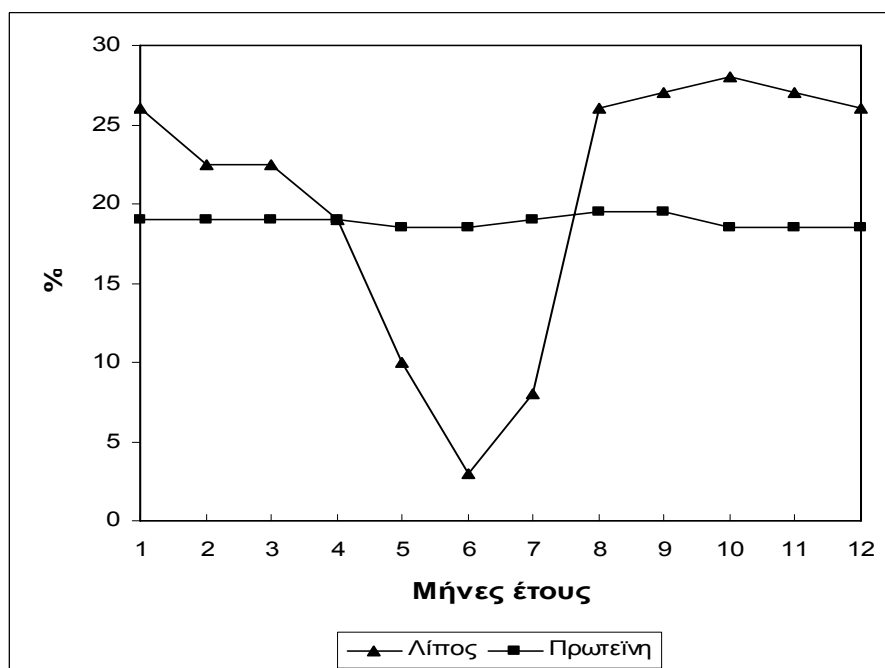
Στη ρέγκα (*Clupea harengus*) και το σκουμπρί (*Scomber scombrus*) (σημαντικά εμπορικά είδη) για παράδειγμα, καθώς και σε άλλα όμοια λιπαρά είδη βρέθηκε ότι το λίπος αποθηκεύεται στη σάρκα τους, κυρίως κάτω από το δέρμα και με την εμφάνιση ανάγκης σε ενέργεια (εξάντληση), στα είδη αυτά, το αποθηκευμένο λίπος αξιοποιείται άμεσα παρουσιάζοντας σταδιακή μείωση (Σχήμα 1 και 2). Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα Σχήματα 1 και 2, η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ αντίθετα οι λιπαρές ύλες παρουσιάζουν τρομακτική διακύμανση ως αξιοποιούμενες για την απαραίτητη απαιτούμενη ενέργεια από αμφοτέρους τους οργανισμούς (Black and Love, 1986; Hardy and Keay, 1972).

Στο μπακαλιάρο (*Gadus morhua*) ωστόσο και άλλα μη λιπαρά αλιεύματα, όπου το αποθηκευμένο λίπος σε χαμηλές συγκεντρώσεις βρίσκεται στο ήπαρ και στις κυτταρικές τους μεμβράνες, μικρές μεταβολές παρατηρούνται στην περιεκτικότητά του.

Οι πρωτεΐνες οι οποίες αποτελούν τα δομικά συστατικά των αλιευμάτων αξιοποιούνται ως πηγές ενέργειας όταν η εξάντλησή τους είναι αρκετά προχωρημένη και είναι τα πρώτα συστατικά που συντίθενται εκ νέου μετά την ολοκλήρωση της ωοτοκίας (Black and Love, 1986).



Σχήμα 1: Διακύμανση πρωτεϊνών & λίπους κατά τη διάρκεια τους έτους στη ρέγκα (*Clupea harengus*) (Black and Love, 1986).



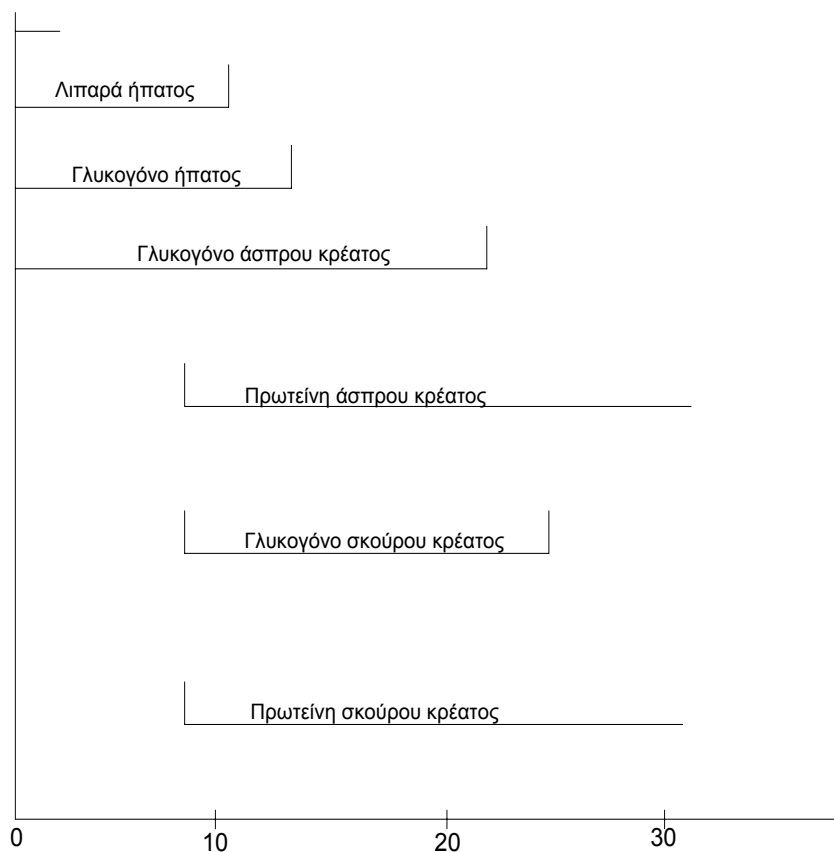
Σχήμα 2: Διακύμανση πρωτεϊνών & λίπους κατά τη διάρκεια τους έτους στο σκουμπρί (*Scomber scombrus*) (Black and Love, 1986).

Τα αποτελέσματα λεπτομερειακών μελετών της αξιοποίησης ενέργειας εξάντλημένων μπακαλιάρων, μετά από ασιτία σε εργαστηριακό επίπεδο δίνονται στο Σχήμα 3.

Από το Σχήμα 3, μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι λιπαρές ύλες καθώς και το γλυκογόνο του ήπατος και των λευκών μυών αξιοποιούνται άμεσα (από το ξεκίνημα της εξάντλησης) ως πηγές ενέργειας από το συγκεκριμένο είδος αλιεύματος. Το σκούρο κρέας, όπως το κρέας του ήπατος και πιθανά άλλων οργάνων, αποτελεί σταθερή πηγή ενέργειας για το συγκεκριμένο είδος αλιεύματος. Είναι λοιπόν η μικρή ποσότητα του σκούρου κρέατος πολύ σημαντικότερη, σε αυτό το είδος αλιεύματος, από την πολύ μεγάλη ποσότητα του άσπρου κρέατος που χρησιμοποιείται μόνο περιοδικά ως πηγή ενέργειας και μάλιστα μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις.

Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί από το Σχήμα 3, ότι το γλυκογόνο του σκούρου κρέατος, δεν αξιοποιείται κατά τη διάρκεια της εξάντλησης του αλιεύματος για αρκετό χρονικό διάστημα και η αξιοποίησή του αρχίζει ταυτόχρονα με την αξιοποίηση των δομικών πρωτεϊνών. Στο Σχήμα 3, δεν περιλαμβάνεται το λίπος της σάρκας του μπακαλιάρου, το οποίο όμως είναι μόνο περίπου 0,5% και από αυτό μόνο ένα μικρό ποσοστό μπορεί να είναι διαθέσιμο για αξιοποίηση, το λίπος δηλαδή που βρίσκεται στη μορφή τριγλυκεριδίων. Το υπόλοιπο, συναντάται σε μορφή φωσφολιπιδίων, λιπαρές ύλες που αποτελούν βασικά συστατικά της δομής των κυτταρικών μεμβρανών (Black and Love, 1986). Κατά συνέπεια, η αξιοποίηση του λίπους του λευκού κρέατος ως πηγή ενέργειας από το μπακαλιάρo, υποθετικά, αρχίζει ταυτόχρονα με την αξιοποίηση των δομικών του πρωτεϊνών, αλλά η έκταση αξιοποίησής του είναι πολύ περιορισμένη.

Στο μπακαλιάρo το γλυκογόνο, ως φυσική πηγή ενέργειας, του ήπατος και του λευκού κρέατος αξιοποιούνται σχεδόν ταυτόχρονα, όμως στον κυπρίνο (γριβάδι) (*Cyprinus caprio*) και στο χρυσόψαρο (*Carassius auratus*) (Chavin and Young, 1970) η ποσότητα του γλυκογόνου δεν επηρεάζεται ακόμη και σε μεγάλα χρονικά διαστήματα εξάντλησης και τα είδη αυτά αποκτούν την απαιτούμενη ενέργεια από τις λιπαρές ύλες και τις πρωτεΐνες τους. Το χέλι (*Anguilla anguilla*) κατά την περίοδο έλλειψης τροφής αξιοποιεί ως πρώτη πηγή ενέργειας τις αποθηκευμένες πρωτεΐνες (δομικά συστατικά του οργανισμού) και μάλιστα σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι τις αποθηκευμένες λιπαρές ύλες. Το τελικό όμως αποτέλεσμα είναι ότι τόσο οι αποθηκευμένες μορφές πρωτεϊνών όσο και λίπους παρέχουν την ίδια ποσότητα ενέργειας (Boetius and Boetius, 1985).



Σχήμα 3: Διαδικασία αξιοποίησης των κύριων πηγών αποθηκευμένης ενέργειας από άσιτους μπακαλιάρους στους 9°C (Black and Love, 1986).

2.2.1 Λιπαρές ύλες

Το λίπος αποτελεί τη σπουδαιότερη και με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πηγή αποθηκευμένης ενέργειας στα αλιεύματα και δεν είναι σύμπτωση ότι τα περισσότερα ενεργά είδη (καλοί κολυμβητές) όπως σολομός, τόνος και ρέγκα περιέχουν περισσότερο λίπος από τα λιγότερα ενεργά είδη όπως ο μπακαλιάρος ή η γλώσσα (όχι τόσο καλοί κολυμβητές).

Οι λιπαρές ύλες που συναντώνται στα αλιεύματα διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις ουδέτερες και τις πολικές. Εκπρόσωπος της πρώτης κατηγορίας είναι τα τριγλυκερίδια (Love, 1997). Τα τριγλυκερίδια είναι η κύρια μορφή αποθηκευμένου λίπους που χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας (Love, 1997; Bandarra *et al.*, 1997; Sinanoglou *et al.*, 2008). Έχουν σφαιρική μορφή, βρίσκονται στην υποδόρια χώρα των λιπαρών κυρίως αλιευμάτων, με υψηλότερες συγκεντρώσεις στην κοιλιακή χώρα και στην περιοχή του ουραίου πετεργίου. Συναντώνται επίσης στο ήπαρ, όπου εμφανίζουν συνεχή τάση αύξησης της συγκέντρωσής τους και σε μερικά είδη αλιευμάτων, περιβάλλουν τον εντερικό σωλήνα (Love, 1997; Bandarra *et al.*, 1997).

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν κυρίως τα φωσφολιπίδια. Οι λιπαρές αυτές ύλες αποτελούν βασικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών, των μιτοχονδρίων και άλλων εσωκυτταρικών σωματιδίων. Κατά συνέπεια, δεν μπορούν να αποτελέσουν αξιόλογες πηγές ενέργειας (Love, 1997; Bandarra *et al.*, 1997). Οι δομικές λιπαρές ύλες, όπως τα φωσφολιπίδια, τείνουν να είναι περισσότερο σταθερές και ακόρεστες από τις αντίστοιχες ουδέτερες λιπαρές ύλες (Bandarra *et al.*, 1997). Επίσης, η σύσταση των φωσφολιπιδίων σε λιπαρά οξέα καθορίζει τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες καθώς και τις βιολογικές τους λειτουργίες (Krebs *et al.*, 1969). Για παράδειγμα, στον μπακαλιάρο όπως φαίνεται στο σχήμα 3, η αξιοποίηση των λιπαρών αυτών υλών ως πηγή ενέργειας δεν παρατηρείται, είναι πιθανόν η αξιοποίηση τους να συμπίπτει με την αξιοποίηση των δομικών πρωτεϊνών (Love, 1997). Ωστόσο, επειδή οι λιπαρές αυτές ύλες συνίστανται κύρια από πολυακόρεστα ω-3 λιπαρά οξέα, είναι εξίσου πιθανόν να μην αξιοποιούνται σε ανάλογη με τις πρωτεΐνες έκταση, γιατί ως συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών οδηγούν σε σημαντική μείωση του ολικού σημείου τήξης με αποτέλεσμα να καθιστούν τις κυτταρικές μεμβράνες ελαστικές και λειτουργικές στις χαμηλές περιβαλλοντολογικές θερμοκρασίες (Love, 1997; Bandarra *et al.*, 1997; Yanar and Celik, 2005; Skalli *et al.*, 2006).

Οι λιπαρές ύλες της σάρκας των αλιευμάτων παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τρεις κυρίως λόγους.

Ο πρώτος λόγος, σχετίζεται με το ότι κάθε αποθηκευμένη μορφή λίπους μπορεί σημαντικά να επηρεάσει τη γεύση ενός μαγειρεμένου προϊόντος, μπορεί δηλαδή να γίνει αισθητή η ύπαρξή του από το δοκιμαστή του προϊόντος. Η ρέγκα για παράδειγμα, όταν είναι πλούσια σε λίπος η υφή της είναι πολύ μαλακή και χυμώδης. Η χυμώδης αυτή υφή δεν είναι αποτέλεσμα της περιεκτικότητας σε νερό, όπως θα αναμενόταν, αλλά οφείλεται στο λίπος που περιέχεται στη σάρκα του αλιεύματος. Μετά την ωτοκία, όταν το λίπος στη σάρκα της ρέγκας βρίσκεται στη χαμηλότερη περιεκτικότητά του, η υφή του μαγειρεμένου προϊόντος είναι τελείως διαφορετική, χαρακτηρίζεται από σκληρότητα και στεγνότητα και γενικά η υφή για το συγκεκριμένο είδος αλιευμάτων δεν είναι η επιθυμητή (Lands, 1986).

Ο δεύτερος λόγος, ευρύτατα αναγνωρισμένος σήμερα, είναι ότι οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων συμβάλλουν σημαντικά στην καλή υγεία του καταναλωτή και είναι ευεργετικές στην καλή λειτουργία της καρδιάς. Σε περιπτώσεις απόφραξης του μυοκαρδίου, ασθενείς που εφάρμοσαν διατροφή πλούσια σε λιπαρά αλιεύματα παρουσίασαν σημαντική βελτίωση, με ταυτόχρονη σημαντική μείωση της πιθανότητας εκ νέου προσβολής (Hale and Brown, 1983; Lands, 1986; Bandarra *et al.*, 1997; Guner *et al.*, 1998; Simopoulos, 1999; Alasalvar *et al.*, 2002; Arino *et al.*, 2003; Yanar and Celik, 2005; Grigorakis, 2007). Οι Εσκιμώοι καθώς και οι Ιάπωνες οι οποίοι χρησιμοποιούν τα αλιεύματα ως κύριο μέρος της διατροφής τους πολύ σπάνια εμφανίζουν προβλήματα που σχετίζονται με ισχαιμικές ασθένειες (δηλ., καρδιακής προσβολής ή εγκεφαλικού επεισοδίου) (Dyerberg and Bang, 1979; Sanders, 1985; Kinsella, 1986; Neutze and Starling, 1986; Candela *et al.*, 1997; Arino *et al.*, 2003; Yanar and Celik, 2005).

Επίσης, πολλές άλλες ασθένειες όπως η ρευματοειδής αρθρίτιδα, η ψωρίαση, η μείωση των επιπέδων των τριγλυκεριδίων του πλάσματος, η μείωση της εμφάνισης φλεγμονών και η βελτίωση του αμφιβληστροειδούς, η ανάπτυξη του εγκεφάλου καθώς και κάποιες μορφές καρκίνου παρουσίασαν βελτίωση μετά από εφαρμογή σε δίαιτα λιπαρών αλιευμάτων (Drevon, 1989; Aggelousis and Lazos, 1991; Candela *et al.*, 1997; Imre and Saglik, 1998; Simopoulos, 1999; Osman *et al.*, 2001; Saglik and Imre, 2001; Arino *et al.*, 2003; Yanar and Celik, 2005; Ozogul and Ozogul, 2007; Ozogul *et al.*, 2007; Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, 2008). Τα ευεργετικά συστατικά στα λιπαρά των αλιευμάτων είναι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα της ω-3 σειράς και ειδικότερα το εικοσιπενταενοϊκό (eicosapentaenoic, EPA) λιπαρό οξύ με 20 άτομα άνθρακα και 5 διπλούς δεσμούς (C20:5ω-3) καθώς επίσης και το εικοσιδιεξαενοϊκό (docosahexaenoic, DHA) λιπαρό οξύ (C22:6ω-3). Τα δυο παραπάνω λιπαρά οξέα ανήκουν στη σειρά ω-3 (Hale and Brown, 1983; Aggelousis and Lazos, 1991; Mendez and Gonzalez, 1997; Guner *et al.*, 1998; Imre and Saglik, 1998; Simopoulos, 1999; Zlatanov and Laskoridis, 2007; Sinanoglou *et al.*, 2008; Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, 2008).

Ο τρίτος λόγος, αφορά στο ότι οι λιπαρές ύλες της σάρκας των αλιευμάτων συμβάλλουν σημαντικά στη γεύση και οσμή τους (άρωμα, flavour). Οι λιπαρές ύλες από μόνες τους προσδίδουν μια ελαφρά ανεπαίσθητη γεύση στο προϊόν, όμως η μεγάλη σπουδαιότητα τους, όσον αφορά τη γεύση του τελικού προϊόντος αποδίδεται στην τάση τους να προσδίδουν πρόσθετη και άγνωστη γεύση και οσμή στα αλιεύματα τα οποία συντηρούνται σε θερμοκρασίες κατάψυξης. Το φαινόμενο αυτό είναι αποτέλεσμα δράσης του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα των αλιευμάτων και ειδικότερα στα πολυακόρεστα φωσφολιπίδια (οξειδωση) (Bandarra *et al.*, 1997; Grigorakis, 2007).

Στον Πίνακα 2, δίνεται η κατανομή των λιπαρών οξέων δύο ειδών αλιευμάτων που εκπροσωπούν δύο μεγάλες κατηγορίες, τα λιπαρά (σκουμπρί, *Scomber scombrus*) και μη λιπαρά (γάδος, *Gadus morhua*) αλιεύματα.

Πίνακας 2. Κατανομή λιπαρών οξέων σε μη λιπαρό αλείευμα (γάδος, *Gadus morhua*) και σε λιπαρό αλείευμα (σκουμπρί, *Scomber scombrus*) (Ackman, 1980)

	Γάδος	Σκουμπρί
	<i>% στο ολικό λίπος</i>	<i>% στο ολικό λίπος</i>
Κορεσμένα		
C14:0	1,4	8,6
C15:0	–	0,4
C16:0	19,6	17,6
C17:0	–	0,5
C18:0	3,8	2,2
C19:0	–	0,1
C20:0	–	0,1
Σύνολο	24,8	29,6
Μονοακόρεστα		
C16:1ω-9	–	0,4
C16:1ω-7	3,5	9,6
C18:1ω-9	13,8	9,5
C18:1ω-7	–	4,7
C18:1ω-5	–	0,6
C20:1ω-9	3,0	7,4
C20:1ω-7	–	0,9
C22:1ω-11	1,0	9,4
C22:1ω-9	–	0,6
Σύνολο	21,3	43,1
Πολυακόρεστα		
C16:2ω-4	–	0,5
C16:3ω-3	–	0,5
C16:4ω-3	–	0,5
C18:2ω-6	0,7	1,0
C18:3ω-3	0,1	0,7
C18:4ω-3	0,4	2,0
C20:4ω-6	2,5	0,3
C20:4ω-3	–	0,5
C20:5ω-3	17,0	9,4
C22:5ω-6	–	–
C22:5ω-3	1,3	1,2
C22:6ω-3	29,8	8,7
Σύνολο	51,8	25,3

2.2.1.1 Περιεκτικότητα σε λίπος της σάρκας των αλιευμάτων σε σχέση με την περίοδο ωοτοκίας και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η περιεκτικότητα σε λίπος και η σύνθεση των λιπαρών οξέων εξαρτώνται από το είδος, το φύλο, την ηλικία, την εποχή του έτους, τη διαθεσιμότητα τροφής, τις διατροφικές συνήθειες, τη γεωγραφική προέλευση, το στάδιο του αναπαραγωγικού κύκλου, την περιεκτικότητα άλατος του νερού, την παρουσία διάφορων μολυσματικών παραγόντων, τη θερμοκρασία του νερού και εάν τα αλιεύματα εκτρέφονται ή είναι πελαγικά (Aggelousis and Lazos, 1991; Guner *et al.*, 1998; Osman *et al.*, 2001; Alasalvar *et al.*, 2002; Rasoarahona *et al.*, 2005). Στο ίδιο είδος και στο ίδιο φύλο, η ανάπτυξη και η ηλικία συμβάλλουν σημαντικά σε διαφορές (Rasoarahona *et al.*, 2005; Ozogul *et al.*, 2007).

Η περιεκτικότητα σε λίπος της σάρκας των λιπαρών αλιευμάτων είναι άμεσα συνδεδεμένη με την περίοδο ωοτοκίας και ως εκ τούτου μεταβάλλεται εποχιακά. Το λίπος αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της κανονικής διατροφής, όταν οι γεννητικοί αδένες είναι ανενεργοί. Τα αλιεύματα συνεχίζουν να αποθηκεύουν λίπος ακόμα και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των γεννητικών τους αδένων. Όμως, μετά από ένα συγκεκριμένο σημείο ανάπτυξης των γεννητικών αδένων, η ποσότητα του λίπους που μεταφέρεται στα γαμετοκύτταρα είναι πολύ μεγαλύτερη από την καθημερινή πρόσληψη, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έναρξη της αξιοποίησης των αποθηκευμένων λιπαρών υλών από τα αλιεύματα (Hardy and Keay, 1972; Goldenberg *et al.*, 1987; Krzypnowek *et al.*, 1992; Gokce *et al.*, 2004).

Κατά την αναπαραγωγική περίοδο τα αποθέματα λίπους του σολομού μειώνονται, επειδή αυτό το είδος υποσιτίζεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των γεννητικών αδένων και τα αποθέματα του λίπους κατευθύνονται στους αναπαραγωγικούς αδένες ή αξιοποιούνται ως ενέργεια.

Το γατόψαρο του γλυκού νερού (*Clarias batrachus L.*) χρησιμοποιεί το κοιλιακό λίπος ως σημαντικότερη πηγή ενέργειας κατά την αναπαραγωγική περίοδο, ενώ ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar L.*) χρησιμοποιεί τόσο το λίπος όσο και τις πρωτεΐνες των μυών (Gokce *et al.*, 2004).

Επίσης, παρατηρήθηκε μια μικρή παράταση της αξιοποίησης των αποθεμάτων λίπους ακόμα και μετά την ολοκλήρωση της ωοτοκίας σε είδη όπως ο γάδος (*Melanogrammus aeglefinus*) και ο μπακαλιάρος (*Merluccius hubbsi*) (Goldenberg *et al.*, 1987).

Η περιεκτικότητα σε λίπος τόσο στη σάρκα όσο και στο ήπαρ εξαρτάται από το φύλο του αλιεύματος. Αυτό προκύπτει, σε μεγάλο βαθμό, από τους μεγαλύτερους ώριμους γεννητικούς αδένες που εμφανίζονται στα θηλυκά εάν συγκριθούν με τα αντίστοιχα αρσενικά, για παράδειγμα στον πλευρονήκτη ή πησσί (*Pleuronectes flesus*) βρέθηκε ότι οι ώριμοι γεννητικοί αδένες του θηλυκού αποτελούν το 18% του συνολικού βάρους του σώματος του, ενώ του αρσενικού σε ανάλογη κατάσταση μόνο το 4.2%.

Οι ώριμοι γεννητικοί αδένες του αρσενικού γωβιού (*Gobius melanostomus*) περιέχουν περίπου το 10% του λίπους των αντίστοιχων του θηλυκού γωβιού, έτσι το θηλυκό χρειάζεται να αξιοποιήσει μικρή ποσότητα από το αποθηκευμένο σαρκικό λίπος κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας (Cherurnov and Tkachenko, 1973). Κατά την ωρίμανση των αυγών της θηλυκής πέστροφας (*Salmo trutta*) καταναλώνεται περισσότερο ηπατικό λίπος σε σύγκριση με το λίπος που καταναλώνεται από την αντίστοιχη αρσενική. Ανακοινώθηκε επίσης, ότι το θηλυκό σκουμπρί (*Scomber scombrus*) εμφανίζει τη μεγαλύτερη απώλεια σε λίπος κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας από όλα σχεδόν τα είδη αλιευμάτων (Ackman and Eaton, 1971).

Όπως ανακοίνωσαν οι De Leonardis and Macciola, (2004) η περιεκτικότητα σε λίπος της σαρδέλας εξαρτάται από την αναπαραγωγική περίοδο, τη διαθεσιμότητα της τροφής και τη θερμοκρασία του θαλάσσιου νερού. Οι θρεπτικές ιδιότητες της σαρδέλας μεταβάλλονται σε σχέση με την περιεκτικότητα σε λίπος και επομένως σύμφωνα με τη χρονική περίοδο αλίευσης. Η περιεκτικότητα σε λίπος και λιπαρών οξέων της σαρδέλας και του γαύρου παρουσιάζει σημαντική εποχιακή διακύμανση. Ο γαύρος (*Engraulis encrasicolus*) έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος κατά τη διάρκεια του τέλους της περιόδου χειμónας-άνοιξη. Ενώ, η σαρδέλα (*Sardina pilchardus*) παρουσιάζει υψηλότερες συγκεντρώσεις λίπους κατά τη διάρκεια της άνοιξης και της αρχής του καλοκαιριού (Zlatanov and Laskoridis, 2007).

Γενικότερα τα αλιεύματα ρυθμίζουν την ακορεστότητα των λιπαρών οξέων των λιπαρών τους υλών ανάλογα με το περιβάλλον. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρείται μια αύξηση στα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας και υψηλής ακορεστότητας, με αξιοποίηση των C16 και C18 λιπαρών οξέων, με τον τρόπο αυτόν τα αλιεύματα διασφαλίζουν την υγρή κατάσταση των ενδοκυτταρικών λιπαρών υλών (Kreps *et al.*, 1969).

Οι Farkas *et al.*, (1980) μελετώντας αλιεύματα του είδους κυπρίνου ανακοίνωσαν ότι μερικές ώρες έκθεσης σε ψυχρό περιβάλλον ήταν επαρκείς για να οδηγήσουν σε αύξηση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας στο ολικό λίπος, καθώς επίσης και στα φωσφολιπίδια. Η συσσώρευση του εικοσιδιεξαενοϊκού οξέος (DHA) στα φωσφολιπίδια, ως αντίδραση στο ψυχρό περιβάλλον, είναι μια βασική ιδιότητα του ήπατος των αλιευμάτων ή γενικά των υδρόβιων ποικιλόθερμων ζώων. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την ελαστικότητα των κυτταρικών μεμβρανών, η αναπροσαρμογή επομένως της ακορεστότητας των λιπαρών οξέων αποτελεί δεδομένη συνθήκη για τους οργανισμούς αυτούς, ανάλογη συμπεριφορά έχει παρατηρηθεί και στα βακτήρια (Hardy and Keay, 1972; Farkas *et al.*, 1980; Yanar and Celik, 2005).

2.2.1.2 Η σπουδαιότητα της διατροφής στη σύνθεση του λίπους των αλιευμάτων

Η περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα στη σάρκα των αλιευμάτων, δε διατηρείται σταθερή διαπιστώνεται έτσι, για μια ακόμη φορά, ότι έχουμε να κάνουμε με ένα δυναμικό συνεχώς μεταβαλλόμενο σύστημα (Osman *et al.*, 2001; Ozogul and Ozogul, 2007; Zlatanov and Laskoridis, 2007). Η σύσταση των λιπαρών υλών της τροφής των αλιευμάτων συνδυαστικά με το περιβάλλον όπου ενδημούν, είναι πιθανότατα οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του λίπους τους (Krebs *et al.*, 1969; Farkas *et al.*, 1980; Shirai *et al.*, 2002^a; Alasalvar *et al.*, 2002; Grigorakis *et al.*, 2002; Arino *et al.*, 2003; Gokce *et al.*, 2004; Skalli *et al.*, 2006; Grigorakis, 2007; Sinanoglou *et al.*, 2008).

Οι Worthington and Lovell, (1973) κατέληξαν ότι η τροφή καθορίζει το 93% της σύστασης των λιπαρών οξέων στο γατόψαρο (*Ictalurus punctatus*) της Μάγχης, οι δε γενετικοί και άλλοι παράγοντες συμβάλλουν στο υπόλοιπο 7%.

Η δυνατότητα της σύνθεσης πολυακορέστων λιπαρών οξέων από απλά ακόρεστα που περιέχονται στην τροφή των αλιευμάτων, είναι ανάλογη από το είδος του αλιεύματος. Ο σολομός chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) για παράδειγμα αναπτύσσονταν πολύ αργά όταν στη διατροφή του δεν υπήρχαν λιπαρές ύλες, η ανάπτυξή του όμως έγινε απόλυτα κανονική όταν στη διατροφή του προστέθηκε μόνο το λινελαϊκό (C18:2ω-6) λιπαρό οξύ (Lee and Sinnhuber, 1973). Τα αλιεύματα είναι σε θέση να εκτελούν επιμήκυνση της ανθρακικής αλυσίδας των λιπαρών οξέων, μέσω συνηθισμένων μεταβολικών οδών και να σχηματίζουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας όπως το αραχιδονικό (C20:4ω-6), EPA, C22:4ω-6, C22:5ω-3 και DHA (Krebs *et al.*, 1969). Αρκετά είδη χορτοφάγων αλιευμάτων είναι σε θέση να παράγουν DHA και EPA από λινολενικό οξύ (C18:3ω-3) και αραχιδονικό οξύ (C20:4ω-6) από λινελαϊκό οξύ (C18:2ω-6) (Sargent *et al.*, 1999).

2.2.1.3 Η σημασία των λιπαρών υλών των αλιευμάτων στην ανθρώπινη διατροφή

Οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων περιέχουν χαμηλές ποσότητες λιπαρών οξέων της ω-6 σειράς, συμπεριλαμβανομένου και του λινελαϊκού οξέος, το οποίο θεωρείται ως απαραίτητο λιπαρό οξύ (essential fatty acid, EFA) (Simopoulos, 1999; Saglik and Imre, 2001; Gokce *et al.*, 2004; Ozogul *et al.*, 2007). Ο Stansby, (1982) παρατήρησε ότι οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων συμβάλλουν στην ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού σε ισοδύναμο βαθμό με τις αντίστοιχες των φυτικών τροφίμων, οι οποίες είναι πλούσιες σε λιπαρά οξέα της ω-6 σειράς. Ο Hornstra, (1982) πρότεινε ότι τα απαραίτητα λιπαρά οξέα είναι αναγκαία για την ακεραιότητα του κυτταρικού ενδοπλασματικού δικτύου και της μεμβράνης των μιτοχονδρίων καθώς και για μια σειρά άλλες φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού.

Το αραχιδονικό οξύ (C20:4ω-6) έχει ανταγωνιστική δράση και αρνητικά αποτελέσματα στην ευεργετική δράση των ω-3 λιπαρών οξέων στην υγεία των ασθενών με καρδιαγγειακά προβλήματα. Τα αλιεύματα συστήνονται για κατανάλωση σε ασθενείς, γιατί περιέχουν μικρό ποσοστό αραχιδονικού οξέος (Ozogul and Ozogul, 2007).

Οι Dyerberg *et al.* (1978) πρότειναν ότι πλούσια διατροφή σε πολυακόρεστα της σειράς ω-3 λιπαρά οξέα οδηγεί στη μείωση της συνάθροισης των αιμοπεταλίων, γιατί έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό της θρομβοξάνης A3 (TXA3) η οποία αντίθετα με τη θρομβοξάνη A2 (TXA2) δεν εμφανίζει συσσωρευτική δράση των αιμοπεταλίων.

Το εικοσιπενταενοϊκό λιπαρό οξύ (eicosapentaenoic acid, EPA) επίσης, αξιοποιείται από τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων για την παραγωγή προστακυκλίνης (prostacyclin, PGI3) της οποίας η δράση είναι δραστικά αντισυσσωρευτική, αντιθρομβωτική (Dyerberg *et al.*, 1978; Aggelousis and Lazos, 1991; Simopoulos, 1999; Osman *et al.*, 2001; Luzia *et al.*, 2003). Έτσι, οι ερευνητές κατέληξαν ότι το εικοσιπενταενοϊκό λιπαρό οξύ παρά το αραχιδονικό είναι μάλλον υπεύθυνο *in vivo* για τον εκτοπισμό των συνθηκών εκείνων που είναι πρόδρομοι της συνάθροισης των αιμοπεταλίων και για τη δημιουργία συνθηκών κατάλληλων να συνεισφέρουν στη δημιουργία μιας αντιθρομβωτικής κατάστασης. Η παραπάνω δράση του εικοσιπενταενοϊκού λιπαρού οξέος έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη αιμάτωση των αγγειακών τοιχωμάτων και τη σημαντική καθυστέρηση της διαδικασίας αθηροσκλήρωσης στα αγγεία, φαινόμενο που παρατηρήθηκε στους Εσκιμώους.

Το εικοσιδιεξαενοϊκό λιπαρό οξύ (DHA, C22:6ω-3) είναι το σημαντικότερο συστατικό του εγκεφάλου και του αμφιβληστροειδούς χιτώνα των οφθαλμών (Osman *et al.*, 2001; Ozogul *et al.*, 2007).

Οι Dyerberg *et al.*, (1978) επίσης παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και τριγλυκερίδια στις λιπαρές ύλες και στις λιποπρωτεΐνες του πλάσματος αίματος των Εσκιμώων βρίσκονταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Επίσης, οι συγκεντρώσεις σε λιποπρωτεϊνικές ενώσεις χαμηλής πυκνότητας (LDLs) καθώς και σε λιποπρωτεϊνικές ενώσεις πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDLs), οι οποίες όπως προαναφέρθηκε αμφοτέρως διαδραματίζουν σημαντικότατο ρόλο στη διαδικασία αθηροσκλήρωσης, ήταν επίσης πολύ χαμηλές. Ο Sanders, (1985) παρατήρησε σημαντική μείωση των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα του αίματος και μικρή αύξηση στη συγκέντρωση των λιποπρωτεϊνικών ενώσεων υψηλής πυκνότητας (High Density Lipoproteins, HDLs), όταν ακολουθήθηκε διατροφή ιδιαίτερα πλούσια σε λιπαρά αλιεύματα. Ανακοινώθηκε επίσης ότι η μείωση των τριγλυκεριδίων στο αίμα, σχετίζεται με τη μείωση της σύνθεσης των λιποπρωτεϊνικών ενώσεων πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDLs). Οι λιποπρωτεϊνικές αυτές ενώσεις (VLDLs) προκαλούν την αύξηση της παραγωγής και συγκέντρωσης των λιποπρωτεϊνικών ενώσεων χαμηλής πυκνότητας (LDLs) οι οποίες βρέθηκε ότι είναι υπεύθυνες για τη μεταφορά της αθηρογενετικής χοληστερόλης στις αρτηρίες.

Προτάθηκε έτσι, οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη θεραπεία της υπερτριγλυκεριμίας (Anon, 1987; Chen *et al.*, 1995; Arino *et al.*, 2003; Sidhu, 2003).

Ωστόσο, οι περισσότεροι επιστήμονες δε συνιστούν πρόσληψη του λίπους των αλιευμάτων μέσω συμπληρωμάτων διατροφής και προτείνουν τη συχνότερη κατανάλωση αλιευμάτων, στα πλαίσια μιας υγιεινής διατροφής και μιας κανονικής σωματικής δραστηριότητας (Arino *et al.*, 2003; Castro-Gonzalez and Mendez-Argenta, 2008).

Οι Neutze and Starling, (1986) πρότειναν ότι η διατροφή πλούσια σε αλιεύματα, συμβάλλει στη μείωση της πυκνότητας του αίματος, γιατί τα λιπαρά οξέα, εικοσιδιεξαενοϊκό και εικοσιπενταενοϊκό (DHA και EPA) ενσωματώνονται με τα φωσφολίπδια των κυτταρικών μεμβρανών με αποτέλεσμα να τις κάνουν περισσότερο ελαστικές.

Άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα των ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων είναι η συμβολή τους στο ρυθμό ανάπτυξης κάποιων μορφών καρκίνου και η σημαντική ανοσολογική τους δράση (Sidhu, 2003). Ο Stansby, (1982) ανακοίνωσε ότι φαινόμενα πολλαπλής σκλήρυνσης κάνουν την εμφάνισή τους σε άτομα που ακολουθούν δίαιτες με έλλειψη ή ανεπάρκεια σε ω-3 λιπαρά οξέα. Οι υποφέροντες μπορεί να παρουσιάσουν κακό μεταβολισμό ο οποίος να έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία του οργανισμού να παράγει σε ικανοποιητικά επίπεδα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας. Έχει επίσης ιδιαίτερη σημασία και πρέπει να τονιστεί ότι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα DHA και EPA βρίσκονται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις στα εξωτερικά τμήματα των φωτοευαίσθητων μορίων του αμφιβληστροειδούς των οφθαλμών, στα σακίδια των όρχεων και στις ουδέτερες μεμβράνες (Kinsella, 1986).

Οι συστάσεις για τις καθημερινές προσλήψεις DHA και EPA μέσω της δίαιτας είναι 0,5g για νήπια και ένας μέσος όρος 1g/ημέρα για τους ενήλικες και τους ασθενείς με στεφανιαίες καρδιακές παθήσεις. Η επιθυμητή αναλογία ω-6/ω-3 πρέπει να είναι χαμηλότερη από 5 (Sargent *et al.*, 1999; Ozogul and Ozogul, 2007). Το βρετανικό τμήμα υγείας συστήνει ως ιδανική αναλογία ω-6/ω-3 ίση με 4 ως μέγιστη τιμή. Τιμές υψηλότερες του 4, είναι επιβλαβής στην υγεία και μπορεί οδηγήσουν σε καρδιαγγειακές παθήσεις (Ozogul and Ozogul, 2007). Ο Simopoulos, (1999) προτείνει ως βέλτιστη αναλογία των ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων 1-2:1, αντίστοιχα.

Μια ισορροπημένη αναλογία ω-3/ω-6 στη διατροφή, είναι απαραίτητη για την κανονική ανάπτυξη και μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη και τη θεραπεία της ασθένειας των στεφανιαίων αρτηριών, του διαβήτη, της υπέρτασης και του καρκίνου. Έχει επίσης επιπτώσεις στην ανάπτυξη των νευρικών ιστών στα νήπια, τον έλεγχο του γλυκαιμικού δείκτη, τη δυνατότητα εκμάθησης και την λειτουργία της όρασης (Gokce *et al.*, 2004).

Δεν υπάρχει συνιστώμενη ω-3/ω-6 αναλογία, όσο υψηλότερη τόσο καλύτερα, αλλά τα δεδομένα από άγρια ζώα και εκτιμήσεις από την πρόσληψη διατροφικών συστατικών κατά την εξέλιξη του ανθρώπινου είδους συνηγορούν ότι μια αναλογία της τάξης του 1:1 μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική (Osman *et al.*, 2001; Gokce *et al.*, 2004).

Για να συμβάλλουν τα αλιεύματα ως μέσο βελτίωσης της υγείας των καταναλωτών, πρέπει να μελετηθεί η περιεκτικότητά τους σε λίπος και η κατανομή των λιπαρών τους οξέων (Aggelousis and Lazos, 1991; Osman *et al.*, 2001; Gokce *et al.*, 2004), καθώς και η περιεκτικότητά τους σε χοληστερόλη (Peterson and Amado, 1997; Imre and Saglik, 1998).

2.2.1.4 Χοληστερόλη στα αλιεύματα

Η περιεκτικότητα της σάρκας των αλιευμάτων σε χοληστερόλη εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους σε λίπος και κυμαίνεται σε παραπλήσιες συγκεντρώσεις στα εκτρεφόμενα και πελαγικά αλιεύματα. Τα ζωικά τρόφιμα, όπως το κόκκινο κρέας, τα πουλερικά και τα αλιεύματα, περιέχουν χοληστερόλη. Τα περισσότερα είδη αλιευμάτων περιέχουν περίπου 100mg χοληστερόλης ανά 100g σάρκας, ενώ στα άπαχα η περιεκτικότητα είναι συνήθως χαμηλότερη, 40-60mg ανά 100g εδώδιμης σάρκας (Arino *et al.*, 2003). Γενικά, η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη είναι υψηλή στα αλιεύματα με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος (Teshima, 1991).

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα αλιεύματα επηρεάζεται από την περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Όταν η περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αυξηθεί, παρατηρείται μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης. Αυτό δείχνει ότι αλιεύματα που ενδημούν σε χαμηλές θερμοκρασίες ή βρίσκονται κατά τη διάρκεια ή μετά την περίοδο ωοτοκίας, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (Osman *et al.*, 2001).

Ανακοινώθηκε ότι η χοληστερόλη είναι η κύρια, σχεδόν μοναδική, στερόλη σε δείγματα σαρδέλας. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ως ποσοστό του ολικού λίπους, στα μη λιπαρά δείγματα σαρδέλας, είχε μέση τιμή της τάξης του $3,7 \pm 0,7\%$, ενώ στα δείγματα σαρδέλας με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος είχε μέση τιμή της τάξης του $0,8 \pm 0,1\%$. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ως ποσοστό του ολικού λίπους, συσχετίστηκε αντιστρόφως ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ολικό λίπος των δειγμάτων σαρδέλας, με συντελεστή συσχέτισης $-0,89$ (De Leonardis and Macciola, 2004).

Εκφράζοντας, ωστόσο, την περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ως mg/100g σάρκας σαρδέλας, διαπιστώθηκε ότι ήταν παρόμοια τόσο στα μη λιπαρά όσο και στα λιπαρά δείγματα, με μέσες τιμές $88,0 \pm 12,2$ και $97,5 \pm 9,2$ mg/100g σάρκας, αντίστοιχα. Γενικά, η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στη σάρκα σαρδέλας κυμαίνεται από 67 έως 131mg/100g σάρκας, είναι ανεξάρτητη από την περιεκτικότητα σε ολικό λίπος και σημαντικά χαμηλότερη από τα 300mg των καθημερινών απαιτήσεων του ανθρώπινου οργανισμού (De Leonardis and Macciola, 2004).

Η περιεκτικότητα σε λίπος και η σύστασή του, που λαμβάνεται από τη διαίτα, είναι οι παράγοντες που επιδρούν στη χοληστερόλη του ορού του αίματος και κατ' επέκταση στον κίνδυνο των καρδιαγγειακών ασθενειών. Η λήψη χοληστερόλης μέσω της τροφής φαίνεται να είναι γενικά δευτερεύουσας σημασίας. Το ενδιαφέρον, από διατροφικής άποψης, έχει εστιαστεί στα προϊόντα οξείδωσης της χοληστερόλης, στα διάφορα τρόφιμα πλούσια σε χοληστερόλη και τη σημασία τους στην υγεία (Piironen *et al.*, 2002).

Έχει παρατηρηθεί ότι η λήψη χοληστερόλης μέσω της τροφής έχει γραμμική σχέση με τη χοληστερόλη του αίματος. Έτσι, διαπιστώθηκε ότι για κάθε 100mg χοληστερόλης ανά 1000kcal που καταναλώνονται, οδηγεί σε αύξηση 12mg χοληστερόλης ανά 100mL αίματος. Ένας κάτοικος των ανεπτυγμένων χωρών καταναλώνει μεταξύ 600 και 1000mg χοληστερόλης ημερησίως κατά μέσο όρο. Ενώ, η μέγιστη συνιστώμενη από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας πρόσληψη είναι 300mg/ημέρα (Luzia *et al.*, 2003).

2.2.2 Πρωτεΐνες αλιευμάτων

Οι πρωτεΐνες αποτελούν μαζί με το νερό και το λίπος ένα από τα βασικότερα συστατικά των αλιευμάτων. Τα αλιεύματα αποτελούν σημαντικές πηγές πρωτεϊνών στην ανθρώπινη διατροφή. Η περιεκτικότητα των αλιευμάτων σε ακατέργαστες πρωτεΐνες (crude protein) κυμαίνεται μεταξύ 11–27%. Όμως, η συμμετοχή των μη πρωτεϊνικών αζωτούχων (NPN) ενώσεων μπορεί να προσεγγίσει το ¼ της ανωτέρω συγκέντρωσης (Connell, 1964). Ελεύθερα αμινοξέα, πεπτίδια, αμίνες, αμινο – οξείδια, γουανιδίνες, τεταρτοταγής ενώσεις του αμμωνίου, πολυαμίνες, νουκλεοτίδια και τα προϊόντα αποικοδόμησής τους, ουρία και νουκλεϊκά οξέα συμμετέχουν στις μη πρωτεϊνικές ενώσεις των αλιευμάτων (Connell, 1964; Arino *et al.*, 2003).

Οι πρωτεΐνες είναι τα συστατικά που καθορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις φυσικές ιδιότητες της σάρκας των αλιευμάτων και οι ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές τους, συμβάλλουν στις αλλαγές των φυσικών ιδιοτήτων τους (Connell, 1964). Η περιεκτικότητα των μυών σε πρωτεΐνες δε συμβάλει σημαντικά στα γευστικά χαρακτηριστικά των αλιευμάτων, όπως συμβαίνει με το λίπος, επηρεάζει ωστόσο άλλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Σε περιπτώσεις όπου οι πρωτεΐνες αλληλεπιδρούν με τις λιπαρές ύλες, καθώς επίσης και σε περιπτώσεις μακροπρόθεσμης ασιτίας των αλιευμάτων (περίοδος ωστοκίας), η μείωση των πρωτεϊνών των μυών, δίνει στη μαγειρευμένη σάρκα μαλακή, μη αποδεκτή υφή (Grigorakis, 2007).

Όπως και οι υπόλοιπες μυϊκές ζωϊκές πρωτεΐνες έτσι κι αυτές διακρίνονται σύμφωνα με τη διαλυτότητά τους (Πίνακας 3).

Οι σαρκοπλασματικές (ευκολοδιαλυτές) πρωτεΐνες αποτελούνται κατά μεγάλο μέρος από τα ένζυμα του μυός, γλυκολυτικά και υδρολυτικά. Επομένως, έχουν ιδιαίτερη σημασία για τις βιοχημικές μεταβολές οι οποίες συμβαίνουν στα αλιεύματα μετά τη θανάτωσή τους καθώς και κατά τη διάρκεια διάφορων χειρισμών.

Οι σπουδαιότητά τους αναδείχθηκε από τον Connell, (1964) ο οποίος έδειξε ότι συγκεκριμένα ένζυμα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση ενώσεων υπεύθυνων στη γεύση, οσμή, χρώμα και υφή, στην αλλοίωση δηλαδή των φυσικών χαρακτηριστικών των αλιευμάτων. Άλλες σημαντικές σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες είναι η μυοσφαιρίνη και άλλες αλβουμίνες. Οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτυπώματα για την ταυτοποίηση των ειδών αλιευμάτων με ηλεκτροφορητικές μεθόδους.

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών των αλιευμάτων (Connell, 1964)

Δυναμικό ιονισμού που είναι διαλυτές	Ονομασία ομάδας	Μέρος του σώματος που βρίσκονται
0,1 – 0,3M	“Myogen” Πρωτεΐνες του οπού ευκολοδιαλυτές	Κύρια σαρκοπλασματικές (διαλυμένες στον μυϊκό οπό)
0,3 – 1,0M	“Structural” Δομικές πρωτεΐνες, λιγότερο διαλυτές	Δομικά συστατικά των μυών (συσταλτά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών)
Αδιάλυτες	“Stroma” Σκληροπρωτεΐνες	Κύρια συστατικά του συνδετικού ιστού

Η περιεκτικότητα σε σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες είναι γενικά υψηλότερη στα πελαγικά είδη αλιευμάτων σε σύγκριση με τα βαθύβια. Οι σκούροι επίσης μύες κάποιων ειδών αλιευμάτων περιέχουν λιγότερες σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες από τους λευκούς μύες. Ωστόσο, η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων μυοσφαιρίνης, αιμοσφαιρίνης και κυτοχρώματος C στους σκούρους μύες είναι πιθανό να αντιστρέψουν την τάση. Επιπλέον, είδη αλιευμάτων προερχόμενα από κρύα νερά ωκεανών περιέχουν ορισμένες χαρακτηριστικές πρωτεΐνες αναφερόμενες ως αντιψυκτικές και γλυκοπρωτεΐνες οι οποίες ανήκουν στην ομάδα των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών. Η ποσότητα της ομάδας αυτής αποτελεί περίπου το 20-22% των συνολικών πρωτεϊνών των αλιευμάτων και ο χώρος που καταλαμβάνεται από το σαρκόπλασμα στα αλιεύματα είναι της ίδιας περίπου αναλογίας (Connell, 1964).

Οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες είναι περισσότερο σταθερές από τις δομικές και κατά συνέπεια μπορούν να παραμένουν σταθερές, χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές, ακόμη και σε επίπονες επεξεργασίες. Επίσης, διαδραματίζουν μικρό ρόλο στον καθορισμό των φυσικών ιδιοτήτων των αλιευμάτων, όπως για παράδειγμα στην υφή τους.

Οι δομικές πρωτεΐνες είναι οι κύρια υπεύθυνες πρωτεΐνες για τον καθορισμό των φυσικών ιδιοτήτων των αλιευμάτων και κατά συνέπεια των τεχνολογικών προβλημάτων που προκύπτουν κατά την επεξεργασία τους. Η ομάδα αυτή των πρωτεϊνών είναι πολύ απλούστερη σε σύνθεση από τις σαρκοπλασματικές και αποτελείται από τη μυοσίνη, την ακτίνη, την τροπομυοσίνη και τις τροπονίνες C, I και T. Σύμφωνα με τον Connell, (1964) το ποσοστό αυτών των πρωτεϊνών στη σάρκα των αλιευμάτων κυμαίνεται από 15-25% και ως ποσοστό στη συνολική πρωτεΐνη 50-60%. Το μόριο της μυοσίνης αποτελείται από δύο βαριές αλυσίδες (200 και 240kDa) οι οποίες μη – ομοιοπολικά συνδέονται με δύο ζεύγη ελαφριάς αλυσίδας (16 μέχρι 28kDa). Αντίθετα με τις περισσότερες ζωικές πρωτεΐνες, η απώλεια της ενεργότητας της ΑΤΡασης συμβαίνει με ταχύτερο ρυθμό στους μύες των αλιευμάτων. Η ενεργοποίηση της ΑΤΡασης της μυοσίνης αλλά και της ακτίνης των αλιευμάτων επιταχύνεται από ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} . Αυτές οι πρωτεΐνες μπορούν καλύτερα να εκφραστούν ως μίγμα ακτομυοσίνης, η περιεκτικότητα της οποίας είναι της τάξης του 67-75% εκφρασμένη στο σύνολο των πρωτεϊνών του μύος. Οι λοιπές δομικές πρωτεΐνες των αλιευμάτων (τροπομυοσίνη και τροπονίνες) απαντώνται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, 3-5% της συνολικής μυϊκής πρωτεΐνης και δε διαπιστώθηκε ότι έχουν κάποια ιδιαίτερη τεχνολογική σημασία.

Το υπόλειμμα μετά την εκχύλιση των σαρκοπλασματικών και δομικών (μυϊκών) πρωτεϊνών είναι γνωστό ως στρώμα ή σκληροπρωτεΐνες. Αποτελείται από κολλαγόνο και ελαστίνη και σχηματίζει το συνδετικό ιστό. Το στρώμα είναι διαλυτό σε διαλύματα HCl ή NaOH και αποτελεί το 10% περίπου των ακατέργαστων μυϊκών πρωτεϊνών.

Η περιεκτικότητα σε κολλαγόνο εξαρτάται από το είδος, την τροφή και την ηλικία των αλιευμάτων. Γενικά, στο μυϊκό σύστημα των αλιευμάτων περιέχεται περίπου από 0,2 μέχρι 2,0% κολλαγόνο.

2.2.2.1 Οι πρωτεΐνες ως μορφή αποθηκευμένης ενέργειας στα αλιεύματα

Από το σχήμα 3, φαίνεται ότι οι μυϊκές πρωτεΐνες του μπακαλιάρου αρχίζουν να αξιοποιούνται όταν η εξάντληση λόγω ασιτίας προσεγγίσει τις 9 ημέρες. Συνήθως, οι πρωτεΐνες της σκούρας και λευκής σάρκας του αλιεύματος αξιοποιούνται σχεδόν ταυτόχρονα, αλλά εάν ληφθεί υπόψη η συνεχής αξιοποίηση των συστατικών των σκούρων μυών κατά την κολύμβηση, θα μπορούσε να εκτιμηθεί ότι πρωτεΐνες των σκούρων μυών αποικοδομούνται ταχύτερα από τις αντίστοιχες των λευκών μυών (Black and Love, 1986).

Η αντίθετη σχέση που υπάρχει σε αυτά τα είδη αλιευμάτων (γαδίδες) μεταξύ περιεκτικότητας πρωτεϊνών και νερού, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Σε ένα καλοταϊσμένο μπακαλιάρο η περιεκτικότητα σε νερό στους λευκούς μύες είναι περίπου 80% ή ελαφρά χαμηλότερη. Ένας τέτοιος μυϊκός ιστός αποτελείται από συστατικά κύτταρα τα οποία βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους και μόνο μικρή ποσότητα εξωκυτταρικού υγρού βρίσκεται ανάμεσά τους, έτσι επιτυγχάνεται η υψηλότερη δυνατή συστατική ικανότητα (Best and Bone, 1973).

Υπάρχουν όμως κάποιες ειδικές περιπτώσεις που η περιεκτικότητα σε νερό της σάρκας φτάνει στο εξαιρετικά υψηλό ποσοστό της τάξης του 95% και αντίστοιχα οι πρωτεΐνες στο υπερβολικά χαμηλό ποσοστό της τάξης του 5% (πολύ σπάνιο). Στις περιπτώσεις αυτές το νερό συγκεντρώνεται έξω και γύρω από το συνδετικό ιστό, με αποτέλεσμα τα συστατικά συστατικά των κυττάρων να είναι κατά πολύ μειωμένα επειδή έχουν αντικατασταθεί από εξωκυτταρικό υγρό που βρίσκεται σε αφθονία. Μερικά κύτταρα μάλιστα εμφανίζονται να μην περιέχουν σχεδόν καθόλου συστατικά συστατικά. Έτσι, όταν τέτοια αλιεύματα φιλετοποιούνται μεγάλη ποσότητα νερού χύνεται ελεύθερα με αποτέλεσμα τα φιλέτα να συρρικνώνονται και να δίνουν την αίσθηση ότι πρόκειται για καθαρό συνδετικό ιστό. Όταν ένα τέτοιο φιλέτο μαγειρευτεί, η υφή του είναι χωρίς καμία συνοχή με αποτέλεσμα να καταναλώνεται χωρίς να χρειάζεται μάσηση. Όμως η αποκρουστική αυτή υφή δεν οφείλεται αποκλειστικά στη χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Ανακοινώθηκε ότι εάν το pH της σάρκας παραμείνει σταθερό, η αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό ακόμη και πάνω από 85% πολύ ελάχιστα επηρεάζει την υφή του αλιεύματος (Love, 1979). Επομένως, ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την υφή του μπακαλιάρου είναι το pH, το οποίο παρουσιάζει σημαντική μεταθανάτια μεταβολή. Εκτός όμως από την υφή του αλιεύματος η μειωμένη ποσότητα πρωτεϊνών επηρεάζει σημαντικά την οργανοληπτική ποιότητα του μπακαλιάρου, αφού τα φιλέτα χάνουν μεγάλη ποσότητα υγρών και η εμφάνισή τους είναι θαμπή (Best and Bone, 1973).

2.2.3 Μέταλλα

Στη σύγχρονη ανθρώπινη διατροφή, τα προϊόντα αλιευμάτων και αλιείας αποτελούν αντικείμενο ιδιαίτερης προσοχής δεδομένου ότι διαθέτουν μοναδικές θρεπτικές ιδιότητες, αποτελούν επίσης καλή πηγή απαραίτητων μετάλλων για τον ανθρώπινο οργανισμό (Alasalvar *et al.*, 2002; Galitsopoulou *et al.*, 2009). Ωστόσο, η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, από υψηλή συγκέντρωση μετάλλων, προκαλεί σοβαρή περιβαλλοντική ανησυχία, λόγω της τοξικότητας και της συσσωρευτικής συμπεριφοράς τους (Turkmen *et al.*, 2005; Oluoğlu *et al.*, 2007; Galitsopoulou *et al.*, 2009).

Το σημαντικότερο μέρος των μετάλλων που επιβαρύνουν τη θάλασσα, τα ιζήματα, τον πυθμένα της θάλασσας και τους οργανισμούς, προέρχεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η επιβάρυνση του υδρόβιου περιβάλλοντος προέρχεται από τα μεταλλεία, τα δημόσια λύματα, την εντατική υδατοκαλλιέργεια, τα μη επεξεργασμένα απόβλητα αποχέτευσης, τις λιμενικές δραστηριότητες και την αστική και γεωργική απορροή κατά μήκος των ποταμών, εκβολών και κόλπων (Turkmen *et al.*, 2005; Dalman *et al.*, 2006; Celik and Oehlenchlager, 2007; Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, 2008).

Τα μέταλλα στο υδρόβιο περιβάλλον μπορούν να παραμείνουν διαλυμένα ή σε αιώρημα ή στο βυθό (Turkmen *et al.*, 2005), οι ρύποι συσσωρεύονται ενδεχομένως στους θαλάσσιους οργανισμούς και μεταφέρονται στη συνέχεια στον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας (Oluoğlu *et al.*, 2007; Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, 2008).

Τα αλιεύματα αποτελούν σημαντική κατηγορία στην ανθρώπινη διατροφή και για το λόγο αυτό, έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες για τον έλεγχο της συσσώρευσης των μετάλλων στα διαφορετικά είδη αλιευμάτων, με απώτερο σκοπό την προστασία της υγείας των καταναλωτών (Turkmen *et al.*, 2005; Oluozlu *et al.*, 2007).

Η ρύπανση της θάλασσας από μέταλλα είναι λιγότερο ορατή και άμεση από άλλους τύπους θαλασσιών ρυπαντών, αλλά τα αποτελέσματα στα θαλάσσια οικοσυστήματα και τους ανθρώπους είναι σημαντικά. Ως έμμεσο μέτρο της αφθονίας και της διαθεσιμότητας των μετάλλων στο θαλάσσιο περιβάλλον, μελετάται η βιοσυσσώρευση των μετάλλων στους ιστούς των θαλασσιών οργανισμών (Catsiki and Stroglyoudi, 1999; Oluozlu *et al.*, 2007; Lourenco *et al.*, 2009). Οι μελέτες βιοσυσσώρευσης οδηγούν στην υιοθέτηση της έννοιας των βιοδεικτών. Τα αλιεύματα χρησιμοποιούνται ευρέως ως βιοδείκτες της θαλάσσιας μόλυνσης από τα μέταλλα (Catsiki and Stroglyoudi, 1999). Οι συγκεντρώσεις του υδραργύρου (Hg), του καδμίου (Cd) και του μολύβδου (Pb) στους θαλάσσιους οργανισμούς απεικονίζουν το μέγεθος της περιβαλλοντικής ρύπανσης (Oluozlu *et al.*, 2007; Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, 2008; Lourenco *et al.*, 2009).

2.2.3.1 Ταξινόμηση μετάλλων, ανώτερα επιτρεπτά όρια και συνιστώμενη πρόσληψη

Τα μέταλλα που είναι παρόντα σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αναφέρονται ως ιχνοστοιχεία. Τα μέταλλα ταξινομούνται ως απαραίτητα, όταν ο βιολογικός ρόλος τους είναι γνωστός, όπως ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το ιώδιο, το μαγγάνιο (Mn), το σελήνιο (Se) και το φθόριο (F), ως πιθανώς απαραίτητα, όταν ο βιολογικός τους ρόλος δεν έχει περιγραφεί πλήρως, όπως το νικέλιο (Ni), το βανάδιο (V) και το κοβάλτιο (Co) και ως τοξικά όπως ο υδράργυρος (Hg), ο μολύβδος (Pb), το αλουμίνιο (Al), το αρσενικό (As) και το κάδμιο (Turkmen *et al.*, 2005; Celik and Oehlenchlager, 2007; Oluozlu *et al.*, 2007; Lourenco *et al.*, 2009). Τα τοξικά μέταλλα είναι πολύ επιβλαβή ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις όταν λαμβάνονται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα απαραίτητα μέταλλα για τον ανθρώπινο οργανισμό, πρέπει να λαμβάνονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, γιατί μπορούν να αποβούν τοξικά σε υψηλές συγκεντρώσεις (Turkmen *et al.*, 2005; Celik and Oehlenchlager, 2007; Oluozlu *et al.*, 2007).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ανώτατα επιτρεπτά όρια στη συγκέντρωση των τοξικών μετάλλων στα αλιεύματα, πάνω από την οποία δεν επιτρέπεται η κατανάλωσή τους. Έτσι, ως όριο για το κάδμιο είναι τα 0,1mg/kg επί υγρού για το γαύρο, την παλαμίδα, το σαργό, το χέλι, τον κέφαλο, το σαυρίδι, το λούβαρδο, τη σαρδέλα, τον τόνο και τη γλώσσα, 0,3mg/kg επί υγρού για τον ξιφία και 0,05mg/kg επί υγρού για όλα τα άλλα είδη. Ως όριο για το μολύβδο είναι τα 0,4mg/kg επί υγρού για το σαργό, το χέλι, το κεφαλόπουλο, το βουτυρόψαρο, το σαυρίδι, τη σαρδέλα, το λαυράκι και τη γλώσσα, 0,5mg/kg επί υγρού για τα μαλακόστρακα και 0,2mg/kg επί υγρού για όλα τα άλλα είδη αλιευμάτων. Ως όριο υδραργύρου από την Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν οριστεί τα 0,5mg/kg επί υγρού (E.E., 2005).

Το επίπεδο της ημερήσιας συνιστώμενης πρόσληψης (RDA, Recommended Daily Allowance) είναι η ποσότητα που επαρκεί για να καλύψει τις διατροφικές ανάγκες σε σχεδόν όλον τον πληθυσμό (97-98%) μιας υγιούς ομάδας ατόμων συγκεκριμένης ηλικίας και φύλου. Ο σκοπός καθιέρωσης του RDA είναι η ευκολότερη εφαρμογή και έλεγχος της καθημερινής ατομικής πρόσληψης. Καθιερώθηκε επίσης, ο δείκτης του υψηλότερου επιπέδου αποδοχής (UL, Tolerable Upper Level), ο οποίος εκφράζει το επίπεδο καθημερινής πρόσληψης ενός θρεπτικού συστατικού που δε θεωρείται πιθανόν να προκαλέσει αρνητικές συνέπειες στην υγεία σχεδόν όλων των ατόμων σε μια υγιή και συγκεκριμένη ηλικιακά ομάδα. Όσο αυξάνεται η πρόσληψη πάνω από το UL τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα εμφάνισης αρνητικών συνεπειών στην υγεία. Η ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη του κάθε μετάλλου για ενήλικους άντρες και γυναίκες, καθώς και το ανώτατο επίπεδο ασφαλούς πρόσληψης, αναφέρονται στον Πίνακα 4 (I.M., 2001).

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών /Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (FAO/WHO), οι ανεκτές εβδομαδιαίες προσλήψεις (PTWI) για τον υδράργυρο, το κάδμιο και το μόλυβδο είναι 5μg/kg σωματικού βάρους, 7μg/kg σωματικού βάρους και 25μg/kg σωματικού βάρους, αντίστοιχα (Kucuksezgin *et al.*, 2002; Lourenco *et al.*, 2009).

Πίνακας 4. Ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη (RDA) και ανώτατο επίπεδο ασφαλούς πρόσληψης (UL) των μετάλλων για ενήλικους άνδρες και γυναίκες (I.M., 2001)

Μέταλλο		RDA	UL
Cr	Άνδρας	35μg	Δεν έχει προσδιοριστεί
	Γυναίκα	25μg	Δεν έχει προσδιοριστεί
Mn	Άνδρας	2,3mg	11mg
	Γυναίκα	1,8mg	11mg
Ni	Άνδρας	-	1mg
	Γυναίκα	-	1mg
Zn	Άνδρας	11mg	40mg
	Γυναίκα	8mg	40mg
Fe	Άνδρας	8mg	45mg
	Γυναίκα	18mg	45mg
Cu	Άνδρας	900μg	10mg
	Γυναίκα	900μg	10mg
Mg	Άνδρας	400-420mg	350mg ^a
	Γυναίκα	310-320mg	350mg ^a

^a από συμπλήρωμα διατροφής μόνο, δεν περιλαμβάνεται η πρόσληψη από τροφή ή το νερό

2.2.3.2 Κύριες λειτουργίες των μετάλλων στον ανθρώπινο οργανισμό, συμβολή των αλιευμάτων στην πρόσληψη μετάλλων

Τα ιχνοστοιχεία όπως το νάτριο (Na), το κάλιο (K), το μαγνήσιο (Mg), το ασβέστιο (Ca), ο σίδηρος (Fe), ο φώσφορος (P) και το ιώδιο (I) έχουν σημαντικό ρόλο στον ανθρώπινο οργανισμό και πρέπει να λαμβάνονται μέσω της διατροφής (Erkan and Ozden, 2007).

Οι κύριες λειτουργίες των απαραίτητων μετάλλων (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni, Cr) στον ανθρώπινο οργανισμό περιλαμβάνουν τη σκελετική δομή, τη συντήρηση του κολλοειδούς συστήματος και τη ρύθμιση της ισορροπίας οξέων-βάσεων. Τα μέταλλα επίσης, αποτελούν σημαντικά συστατικά των ορμονών, των ενζύμων και των ενζυμικών ενεργοποιητών (Alasalvar *et al.*, 2002; Erkan and Ozden, 2007; Lourenco *et al.*, 2009).

Ο σίδηρος αποτελεί σημαντικό συστατικό του αίματος, της αιμοσφαιρίνης. Η αιμοσφαιρίνη είναι η πρωτεΐνη των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος που μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς. Εκτός από τη λειτουργία του στα ερυθρά αιμοσφαίρια, ο σίδηρος εντοπίζεται και στη μυοσφαιρίνη. Η μυοσφαιρίνη είναι πρωτεΐνη που βοηθάει στη μεταφορά οξυγόνου στους μυς. Σίδηρος υπάρχει και σε ένζυμα που ρυθμίζουν βιοχημικές αντιδράσεις του οργανισμού. Ο σίδηρος που προσλαμβάνεται από τη διατροφή και είναι διαθέσιμος για απορρόφηση από το έντερο ανήκει σε δύο κατηγορίες: τον οργανικό (από την αίμη) που προέρχεται από τρόφιμα ζωικής προέλευσης και τον ανόργανο που προέρχεται κυρίως από τα φυτά. Ο οργανικός σίδηρος απορροφάται πολύ πιο καλά από το έντερο. Η επαρκής ποσότητα σιδήρου στη διατροφή είναι πολύ σημαντική για τη μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης αναιμίας, που θεωρείται σημαντικό πρόβλημα υγείας, ειδικά στα μικρά παιδιά. Η ανεπάρκεια σιδήρου εμφανίζεται όταν οι απαιτήσεις του οργανισμού για σίδηρο είναι υψηλές, π.χ. στην ανάπτυξη, στην υψηλή εμμηνορροϊκή απώλεια και στην εγκυμοσύνη και όταν η πρόσληψη είναι ποσοτικά ανεπαρκής ή περιλαμβάνει τα στοιχεία που καθιστούν το σίδηρο μη διαθέσιμο για την απορρόφηση (Erkan and Ozden, 2007; Oluozlu *et al.*, 2007).

Ο χαλκός συσσωρεύεται στους υδρόβιους οργανισμούς σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις συνήθειες των ειδών. Ο χαλκός αποτελεί συστατικό πολλών οξειδοοδουκτασών (κυτοχρωμική οξειδάση, σουπεροξειδοδισμουτάση, τυροσινάση, ουρικάση, αμινοοξειδάση. Στο πλάσμα του αίματος βρίσκεται δεσμευμένος με την κερουλοπλασμίνη, η οποία καλύπτει την οξειδωση του Fe^{3+} προς Fe^{2+} . Αυτή η αντίδραση έχει πολύ μεγάλη σημασία, γιατί ο Fe^{3+} είναι η μοναδική μορφή στο αίμα που μεταφέρεται από την τρανσφερίνη στον αποθεματικό σίδηρο που βρίσκεται στο συκώτι (Belitz *et al.*, 2006).

Ο ψευδάργυρος είναι γνωστό ότι περιλαμβάνεται στις περισσότερες μεταβολικές οδούς στα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους (Erkan and Ozden, 2007). Ο ψευδάργυρος αποτελεί συστατικό πολλών ενζύμων (π.χ. αλκοολική δεϋδρογονάση, γαλακτική δεϋδρογονάση, μηλική δεϋδρογονάση, γλουταμινική δεϋδρογονάση, καρβοξυπεπτιδάσες A και B, και καρβονική ανυδράση). Άλλα ένζυμα π.χ. διπεπτιδάσες, αλκαλική φωσφατάση, λεκιθινάση και ενολάση ενεργοποιούνται από τον ψευδάργυρο και από μερικά άλλα δισθενή μεταλλικά ιόντα. Η υψηλή πρόσληψη ψευδαργύρου είναι τοξική για τους ανθρώπους (Belitz *et al.*, 2006). Η ανεπάρκεια ψευδαργύρου μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια όρεξης, στην καθυστέρηση της ανάπτυξης, σε δερματικές παθήσεις και ανοσολογικές ανωμαλίες (Erkan and Ozden, 2007).

Το νικέλιο ενεργοποιεί μεγάλο αριθμό ενζύμων, π.χ. την αλκαλική φωσφατάση και την οξαλοξική αποκαρβοξυλάση, τα οποία μπορούν να ενεργοποιηθούν και από άλλα δισθενή μεταλλικά ιόντα. Το νικέλιο ενισχύει και τη δραστηριότητα της ινσουλίνης. Ο βασικός ρόλος του νικελίου έχει αποδειχθεί από την πειραματική πρόκληση συμπτωμάτων ανεπάρκειας σε κοτόπουλα και αρουραίους. Αυτά τα συμπτώματα περιλαμβάνουν μεταβολές στα μιτοχόνδρια του συκωτιού.

Το κάδμιο είναι ένας βιομηχανικός και περιβαλλοντικός ρύπος που έχει επιπτώσεις σε διάφορα όργανα των ανθρώπων. Οι ανθρωπογενείς πηγές καδμίου, όπως βιομηχανικές εκπομπές καθώς και η λίπανση και καθαρισμός των αγρών, αυξάνουν τα περιβαλλοντικά επίπεδα του καδμίου. Η βιοσυσσωρεύσή του επηρεάζεται και από τη θερμοκρασία και από την αλατότητα. Το κάδμιο εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω δύο οδών. Μέσω της στοματικής οδού με την κατανάλωση του νερού και τροφίμων που μολύνονται με κάδμιο, ιδιαίτερα τα φυλλώδη λαχανικά, τα σιτηρά, τα δημητριακά, τα φρούτα, το κρέας και τα αλιεύματα και μέσω της εισπνοής (Belitz *et al.*, 2006).

Το κάδμιο έχει επιπτώσεις σε διάφορα όργανα και ιστούς όπως: νεφρά (προκαλεί τη νεφρική σωληνοειδή δυσλειτουργία, πρωτεϊνουρία και τη χρόνια νεφρική ανεπάρκεια), καρδιά (αορτική και στεφανιαία αθηροσκλήρωση, αύξηση της χοληστερόλης και των ελεύθερων λιπαρών οξέων), πνεύμονες (ίνωση), σκελετικό σύστημα, όρχεις, πλακούντας, εγκέφαλος και το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ). Το μεγαλύτερο μέρος της συγκέντρωσης του καδμίου από τα αλιεύματα ή άλλα θαλασσινά απορροφάται από τους ανθρώπους με την μορφή $CdCl_2$, η ικανότητα της γαστρεντερικής απορρόφησης του καδμίου έχει αναφερθεί ότι είναι περίπου 3-8% της συγκέντρωσης που καταναλώθηκε. Το κάδμιο συσσωρεύεται ιδιαίτερα στα νεφρά ενώ στους μύες οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλές (Castro-Gonzalez and Mendez-Argenta, 2008).

Το χρώμιο χρησιμοποιείται στη βιομηχανία δερμάτων, στην παραγωγή μελάνης και στην επεξεργασία χάλυβα (Abdallah, 2008). Το χρώμιο είναι σημαντικό στην αξιοποίηση της γλυκόζης. Ενεργοποιεί για παράδειγμα, το ένζυμο φωσφορογλυκομουτάση και αυξάνει τη δραστηριότητα της ινσουλίνης. Επομένως, η ανεπάρκεια χρωμίου προκαλεί πτώση της ανεκτικότητας σε γλυκόζη. Επίσης, αυξάνεται ο κίνδυνος καρδιαγγειακών παθήσεων.

Το κοβάλτιο έχει ταξινομηθεί στην κατηγορία των βασικών στοιχείων από τότε που ανακαλύφθηκε ότι η βιταμίνη B_{12} περιέχει κοβάλτιο ως κεντρικό άτομο. Η απαίτηση σε κοβάλτιο καλύπτεται με μια φυσιολογική διατροφή.

Το μαγγάνιο είναι ο μεταλλικός ενεργοποιητής της πυροσταφυλικής καρβοξυλάσης και όπως και μερικά άλλα δισθενή ιόντα, ενεργοποιεί διάφορα ένζυμα όπως την αργινάση, την αμινοπεπτιδάση, την αλκαλική φωσφατάση, τη λεκιθινάση ή την ενολάση. Το μαγγάνιο ακόμα και σε αρκετά υψηλές ποσότητες, είναι σχετικά μη τοξικό.

Το μαγνήσιο ως συστατικό και ενεργοποιητής πολλών ενζύμων, ιδίως εκείνων που σχετίζονται με τη μετατροπή πλούσιων σε ενέργεια φωσφορικών ενώσεων και ως σταθεροποιητής των μεμβρανών του πλάσματος, των ενδοκυτταρικών μεμβρανών και των νουκλεϊνικών οξέων, αποτελεί στοιχείο ζωτικής σημασίας. Εξαιτίας του αναντικατάστατου ρόλου του στον ανθρώπινο μεταβολισμό, η ανεπάρκεια μαγνησίου προκαλεί σοβαρές δυσλειτουργίες.

Όσον αφορά το αργίλιο ή αλουμίνιο, σε πειράματα σε ζώα με υψηλές συγκεντρώσεις αργιλίου έδειξαν ότι δεν υπάρχει τοξικότητα. Αυτό φαίνεται να ισχύει και για τους ανθρώπους. Για αυτό είναι και αβάσιμη η απροθυμία χρήσης αλουμινένιων σκευών μαγειρικής (Belitz *et al.*, 2006).

2.2.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των αλιευμάτων σε μέταλλα

Τα μέταλλα όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και ο σίδηρος είναι απαραίτητα για το μεταβολισμό των αλιευμάτων, ενώ μερικά άλλα μέταλλα όπως ο υδράργυρος, το κάδμιο και ο μόλυβδος δεν έχουν κανέναν γνωστό ρόλο στα βιολογικά συστήματα (Catsiki and Strogyloudi, 1999; Alasalvar *et al.*, 2002; Canli and Atli, 2003; Oluozlu *et al.*, 2007; Lourenco *et al.*, 2009). Τα αλιεύματα λαμβάνουν τα απαραίτητα μέταλλα, όπως και τα μη απαραίτητα από το νερό, την τροφή ή το ίζημα (Catsiki and Strogyloudi, 1999; Alasalvar *et al.*, 2002; Canli and Atli, 2003).

Η περιεκτικότητα των αλιευμάτων σε μέταλλα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως οι εποχιακές και βιολογικές διακυμάνσεις (είδος, μέγεθος, σκοτεινόχρωμος/λευκός μυς, ηλικία, φύλο και σεξουαλική ωριμότητα), την περιοχή αλίευσης, τις διατροφικές συνήθειες του αλιεύματος, τις γενικότερες συνήθειές του και το περιβάλλον (η χημεία νερού, όπως το pH και η σκληρότητα, η περιεκτικότητα άλατος, η θερμοκρασία, η χημική μορφή του μετάλλου, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου) (Alasalvar *et al.*, 2002; Canli and Atli, 2003; Turkmen *et al.*, 2005; Erkan and Ozden, 2007; Grigorakis, 2007; Abdallah, 2008; Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, 2008).

Η φυσική εποχιακή διακύμανση της περιεκτικότητας σε μέταλλα μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες που δεν μπορούν να διαφοροποιηθούν εύκολα. Η βιολογική δραστηριότητα ή οι μεταβολικοί ρυθμοί ενός οργανισμού συχνά μειώνονται όταν μειώνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, έτσι οι ρυθμοί συσσώρευσης και αποβολής των μετάλλων μπορεί να μεταβληθούν. Σε δείγματα λυθρινιών που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού, όπου οι γενετικοί αδένες αναπαραγωγής ήταν ανεπτυγμένοι, η περιεκτικότητα των ιστών σε μέταλλα ήταν γενικά χαμηλή (Uluturhan and Kucuksezgin, 2007).

Η συσσώρευση των μετάλλων σε έναν οργανισμό είναι αποτέλεσμα της διαφοράς μεταξύ της πρόσληψης και της απομάκρυνσης των μετάλλων από τον οργανισμό. Εάν οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στο νερό είναι υψηλότερες από τα φυσιολογικά επίπεδα, δεν υφίσταται η διάλυση των μετάλλων στους ιστούς λόγω της ανάπτυξης ή/και της χαμηλής μεταβολικής δραστηριότητας στα μεγαλύτερα σε ηλικία αλιεύματα. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί να παρατηρηθεί συνεχιζόμενη συσσώρευση των μετάλλων και μπορούν να υπάρξουν θετικές σχέσεις μεταξύ του μεγέθους και της περιεκτικότητας των ιστών σε μέταλλα (Canli and Atli, 2003; Celic and Oehlenchlager, 2007).

Η υψηλή συγκέντρωση μετάλλων στο νερό μπορεί να καθυστερήσει την ανάπτυξη των αλιευμάτων, προκαλώντας πιθανές μεταβολές στο μέγεθος των αλιευμάτων. Η συγκέντρωση των απαραίτητων και των μη απαραίτητων μετάλλων επηρεάζει την ανάπτυξη των αλιευμάτων, κάποια μέταλλα όπως ο υδράργυρος επηρεάζει περισσότερο την ανάπτυξη σε σχέση με άλλα μέταλλα (Canlı and Atli, 2003).

Ανακοινώθηκε επίσης, ότι τόσο τα απαραίτητα όσο και τα μη απαραίτητα μέταλλα θα μπορούσαν να μεταβάλλουν την ανάπτυξη των εμβρύων προκαλώντας καθυστέρηση της φυσιολογικής ανάπτυξης, αναπηρία ή θνησιμότητα (Canlı and Atli, 2003).

Η ανάπτυξη (βάρος σώματος, μήκος και ηλικία) οδηγεί σε μείωση της περιεκτικότητας σε μέταλλα και έχει αναφερθεί για πολλά είδη αλιευμάτων (Canlı and Atli, 2003; Anan *et al.*, 2005). Οι Nussey *et al.*, (2000) ανακοίνωσαν ότι η συσσώρευση των μετάλλων (Cr, Mn, Ni και Pb) μειώθηκε με την αύξηση του μήκους του είδους *Labeo umbratus*. Οι Widianarko *et al.*, (2000) εξέτασαν τη σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε μέταλλα (Pb, Zn, Cu) και του μεγέθους του είδους *Poecilia reticulata* και διαπίστωσαν ότι υπήρξε σημαντική μείωση στην περιεκτικότητα σε μόλυβδο με την αύξηση του σώματος, ενώ η περιεκτικότητα σε χαλκό και ψευδάργυρο δεν έδειξε εξάρτηση από το βάρος του σώματος. Κατά συνέπεια, η συσσώρευση των μετάλλων φαίνεται ότι είναι υψηλότερη στα νεώτερα αλιεύματα από ότι στα μεγαλύτερα σε ηλικία. Η περιεκτικότητα των ιστών σε μέταλλα είναι σταθερή μετά από μία ηλικία (Canlı and Atli, 2003).

Σε δείγματα αλιευμάτων της δυτικής Μεσογείου διαπιστώθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ του βάρους και της περιεκτικότητας σε ψευδάργυρο στη γαρίδα, μεταξύ του βάρους και της περιεκτικότητας σε χαλκό στη σαρδέλα, μεταξύ του βάρους και της περιεκτικότητας σε κάδμιο στο σκουμπρί, μεταξύ του βάρους και της περιεκτικότητας σε μόλυβδο στη γαρίδα και το σκουμπρί και μεταξύ του βάρους και της περιεκτικότητας σε χρώμιο στη γαρίδα (Abdallah, 2008).

Οι Kucuksezgin *et al.*, (2002) εξέτασαν διάφορα είδη αλιευμάτων που αλιεύτηκαν από την περιοχή του ανατολικού Αιγαίου, τον κόλπο Ισμίρ της Τουρκίας. Ανακοινώθηκε ότι η περιεκτικότητα σε κάδμιο και μόλυβδο δεν επηρεάστηκε από το μήκος των αλιευμάτων. Η περιεκτικότητα των αλιευμάτων σε μέταλλα εξαρτάται επίσης, από τις διατροφικές συνήθειες και από τις γενικότερες συνήθειες τους, όπως η ικανότητα κολύμβησης.

Η περιεκτικότητα των ιστών των αλιευμάτων σε μέταλλα είναι χαμηλή, επειδή έχουν μικρή μεταβολική δραστηριότητα, σε σχέση με το ήπαρ. Οι Canlı and Atli, (2003) ανακοίνωσαν υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου στο ήπαρ της αθερίνας (41mg/g) και της σαρδέλας (39mg/g). Οι Uluturhan and Kucuksezgin, (2007) σε μελέτη τους σε λυθρίνια που αλιεύτηκαν από το ανατολικό Αιγαίο, ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε μέταλλα (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn) ήταν υψηλότερη στο ήπαρ, σε σύγκριση με την περιεκτικότητα στους ιστούς. Η υψηλότερη περιεκτικότητα του ήπατος σε μέταλλα, δείχνει την ικανότητα αποτοξίνωσης και το συσσωρευτικό ρόλο αυτού του οργάνου (Uluturhan and Kucuksezgin, 2007).

2.3 Έλεγχος μεταβολών της σύστασης των αλιευμάτων

2.3.1 Έλεγχος υγρασίας

➤ Μέθοδος ξήρανσης (Drying method)

Η μέθοδος της ξήρανσης είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της υγρασίας των τροφίμων η οποία επιτρέπει την ανάλυση πολλών δειγμάτων ταυτόχρονα. Βασίζεται στην απώλεια βάρους ως αποτέλεσμα της εφαρμογής θέρμανσης και πίεσης. Τα στάδια της μεθόδου είναι, η προετοιμασία του δείγματος, το ζύγισμα, η ξήρανση, η ψύξη και η ζύγιση εκ νέου.

➤ Μέθοδος με απόσταξη (Distillation method)

Οι μέθοδοι με απόσταξη στηρίζονται στη θέρμανση του τροφίμου με αδρανές υγρό υψηλού σημείου ζέσεως, μη αναμιγνυόμενο με το νερό και ελαφρότερο ή βαρύτερο απ' αυτό. Συνήθως χρησιμοποιείται ξυλόλιο, τολουόλιο ή βενζόλιο. Οι μέθοδοι αυτοί υστερούν σε ακρίβεια συγκριτικά με τις μεθόδους με ξήρανση, ειδικότερα όταν πρόκειται για μικρές ποσότητες νερού (Bradley, 2003).

2.3.2 Έλεγχος τέφρας

Η κυριότερη μέθοδος προσδιορισμού του ποσοστού τέφρας είναι αυτή της ξηρής καύσης η οποία πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού κλίβανου αποτέφρωσης ο οποίος μπορεί να διατηρήσει το δείγμα σε θερμοκρασίες μεταξύ 500 και 600°C. Το δείγμα των τροφίμων ζυγίζεται πριν και μετά την αποτέφρωση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε τέφρα.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι μπορούν να αναλύονται ταυτόχρονα πολλά δείγματα, είναι απλή μέθοδος, είναι ασφαλείς και δεν απαιτεί επικίνδυνες χημικές ουσίες. Τα μειονεκτήματα είναι ότι η διαδικασία είναι χρονοβόρα (12-24h), οι κλίβανοι αποτέφρωσης είναι αρκετά δαπανηροί γιατί καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια (Harbers and Nielsen, 2003).

2.3.3 Έλεγχος πρωτεϊνών

➤ Μέθοδος Kjeldahl

Η πλέον χρησιμοποιούμενη και γενικά παραδεκτή μέθοδος προσδιορισμού του οργανικού οξέος είναι η μέθοδος Kjeldahl. Κατά τη μέθοδο αυτή αρχικά πραγματοποιείται η καύση της οργανικής ύλης με πυκνό θειικό οξύ (πέψη της οργανικής ύλης) και στη συνέχεια πραγματοποιείται ο προσδιορισμός της αμμωνίας που απελευθερώνεται. Κατά το στάδιο της πέψης της οργανικής ύλης έχουμε αφυδάτωση και αποκαρβοξυλίωση, σε συνδυασμό με την οξείδωση του άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Παράλληλα, πραγματοποιείται η μετατροπή του οργανικού αζώτου σε αμμωνία, η οποία δεσμεύεται από την περίσσεια του οξέος ως θειικό αμμώνιο. Η επιτάχυνση και η ολοκλήρωση του σταδίου αυτού γίνεται με την προσθήκη αλάτων, τα οποία αυξάνουν τη θερμοκρασία βρασμού του θειικού οξέος (π.χ. θειικό κάλιο), με παρουσία καταλύτη και με προσθήκη οξειδωτικών μέσων (π.χ. υπεροξείδιο του υδρογόνου, χρωμικό οξύ κ.α.) τα οποία ελαχιστοποιούν τον αφρισμό.

➤ Μέθοδος διουρίας

Η μέθοδος της διουρίας βασίζεται σε ένα χρωματομετρικό προσδιορισμό των πρωτεϊνών η οποία στηρίζεται στο γεγονός ότι ενώσεις που περιέχουν 2 ή περισσότερους πεπτιδικούς δεσμούς δίνουν με αλκαλικό διάλυμα δισθενούς χαλκού (Cu^{2+}) ένα σταθερό ιώδες σύμπλοκο, του οποίου η συγκέντρωση μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά με απορρόφηση στα 540nm. Η μέθοδος της διουρίας έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να γίνει ο χειρισμός μεγάλου αριθμού δειγμάτων καθώς και είναι πιο απλή από τη μέθοδο Kjeldahl. Εντούτοις εμφανίζει χαμηλή ευαισθησία καθώς και διαφορές στο χρώμα προερχόμενες από την παρουσία άλλων συστατικών των τροφίμων και ιδιαίτερα λιπών, αποτελούν προβλήματα που περιορίζουν την εφαρμογή της.

➤ Μέθοδος με αντιδραστήριο φαινόλης (μέθοδος Lowry)

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αντίδραση των πρωτεϊνών με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (συγκεκριμένα στη μείωσή του) από την οξείδωση των αμινοξέων, τα οποία βρίσκονται στις πολυπεπτιδικές αλυσίδες των πρωτεϊνών. Κατά την αντίδραση αυτή έχουμε το σχηματισμό μπλε χρώματος του οποίου η απορρόφηση μετράται στα 600nm. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό μικρών ποσοτήτων πρωτεϊνών σε διαλύματα καθώς και 10-20 φορές πιο ευαίσθητη από τη άμεση φασματοφωτομετρική όπως και 100 φορές από τη μέθοδο διουρίας. Εντούτοις, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται λόγω της αστάθειας του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu σε αλκαλικό περιβάλλον. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η μέτρια σχέση ανάπτυξης χρώματος-σύνθεσης αμινοξέων, ο μεγάλος αριθμός ενώσεων που παρεμβάλλονται στον υπολογισμό, η μη γραμμικότητα πρότυπης καμπύλης σε υψηλές συγκεντρώσεις πρωτεϊνών και η απαίτηση μεγάλης διαλυτοποίησης πριν τη μέτρηση (Van Camp and Huyghebaert, 1996).

2.3.4 Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών

➤ Εκχύλιση (Soxhlet)

Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε λίπος των τροφίμων. Πριν από τη διαδικασία της μεθόδου Soxhlet είναι απαραίτητη η κατάτμηση καθώς και η ξήρανση του υλικού. Η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος σε λίπος εκτιμάται στη συνέχεια με ζύγιση, με μέτρηση του δείκτη διάθλασης, με μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς και με πυκνομετρική μέθοδο (Gonzalez-Fandos *et al.*, 2004).

➤ Χρήση μεθανόλης-χλωροφορμίου-νερού

Μία γρήγορη μέθοδος για την εξαγωγή του λίπους προτάθηκε αρχικά από τους Folch *et al.* (1957) και αφορούσε την απομόνωση του ολικού λίπους από τις μυϊκές ίνες, με τη χρήση μίγματος μεθανόλης-χλωροφορμίου-νερού. Οι Bligh & Dyer (1959) απλοποίησαν αυτή τη μέθοδο, ενώ οι Hanson & Olley (1963) την τροποποίησαν περαιτέρω. Κατά τη διαδικασία αυτή το δείγμα ομογενοποιείται με ένα μίγμα χλωροφορμίου και μεθανόλης σε τέτοιες αναλογίες ώστε να σχηματίζεται ένα αναμίξιμο σύστημα με το νερό του δείγματος. Η διάλυση σε χλωροφόρμιο και νερό διαχωρίζει το ομογενοποιημένο δείγμα σε δύο φάσεις, αυτή του χλωροφορμίου που περιέχει όλες τις λιπαρές ουσίες και αυτή της μεθανόλης, στην οποία δεν υπάρχει λίπος. Με την απομόνωση της φάσης του χλωροφορμίου απομακρύνεται το εκχύλισμα του λίπους (Ago *et al.*, 2000).

2.3.5 Έλεγχος μεταβολών μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων (FAME)

➤ Μέθοδος αέριας χρωματογραφίας

Για τον έλεγχο της κατανομής των λιπαρών οξέων σε έλαιο ή σε λίπος με τη βοήθεια της αέριας χρωματογραφίας, τα λιπαρά οξέα θα πρέπει να γίνουν περισσότερο πτητικά με την ποσοτική μετατροπή τους σε εστέρες των αλιφατικών αλκοολών. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρασκευάζονται οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων (FAME).

Μία απλή και γρήγορη μέθοδος για τη μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων περιέγραψαν οι Zotos *et al.*, (1995). Οι μεθυλεστέρες σαπωνοποιούνται και στη συνέχεια με τη χρήση κατάλληλων αντιδραστηρίων/διαλυτών (ισο-οκτάνιο, εξάνιο) πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των φάσεων. Τα εκχυλίσματα των διαλυτών συλλέγονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για τον ποιοτικό όσο και για τον ποσοτικό προσδιορισμό των λιπαρών οξέων. (Sempore and Berad, 1996).

2.3.6 Έλεγχος μεταβολών χοληστερόλης

➤ Μέθοδος Kovacs

Μία απλή αναλυτική διαδικασία προσδιορισμού της χοληστερόλης προτάθηκε από τους Kovacs *et al.*, (1979). Με τη χρήση της μεθόδου αυτής είναι εφικτός και ο προσδιορισμός μερικών φυτικών στερολών όπως βρασσικαστερόλη, καμπεστερόλη, σιγμαστερόλη και το β-σητοστερόλη. Τα δείγματα σαπωνοποιούνται άμεσα, το ασαπωνοποίητο κλάσμα εκχυλίζεται και η χοληστερόλη προσδιορίζεται με αέρια χρωματογραφία. Η ανάλυση είναι απλή, ευαίσθητη και οικονομική τόσο σε χρόνο όσο και σε διαλύτες. Θεωρείται κατάλληλη για μία ευρεία ποικιλία τροφίμων.

2.3.7 Έλεγχος των μετάλλων

Ο προσδιορισμός των μετάλλων γίνεται συνήθως με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης. Πριν τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των μετάλλων πρέπει να γίνει η χώνευση του ιστού ώστε να ελευθερωθούν τα μέταλλα πριν τον προσδιορισμό (Sures *et al.*, 1995). Η υγρή και η ξηρή αποτέφρωση είναι οι δύο πιο διαδεδομένες μέθοδοι για τη χώνευση δειγμάτων, βέβαια αυτές οι δύο μέθοδοι είναι χρονοβόρες, έχουν υψηλό κόστος και υψηλό βαθμό επικινδυνότητας. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ειδικοί φούρνοι μικροκυμάτων για την όξινη χώνευση δειγμάτων. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή σε ποικιλία τροφίμων και είναι αποτελεσματικότερη από τις κλασικές μεθόδους χώνευσης (Bakkali *et al.*, 2009). Τα πλεονεκτήματα της χώνευσης με τη χρήση μικροκυμάτων σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους είναι, ο μικρότερος χρόνος που διαρκεί η χώνευση, η μικρότερη κατανάλωση οξέος και η συγκράτηση των πτητικών συστατικών σε διάλυση με συνέπεια τη μικρότερη απώλεια πτητικών συστατικών (Sures *et al.*, 1995; Turkmen *et al.*, 2005; Bakkali *et al.*, 2009).

Η αποδοτικότητα της χώνευσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση καθώς και από την ποσότητα του οξέος που χρειάζεται για να διαλύσει το δείγμα του τροφίμου.

Η απελευθέρωση των μετάλλων από το δείγμα γίνεται συνήθως με τη βοήθεια νιτρικού οξέος και υπεροξειδίου του υδρογόνου σε δοχεία κλειστά που τοποθετούνται σε ειδική συσκευή μικροκυμάτων (Bakkali *et al.*, 2009).

3. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν:

1. Η μελέτη της μεταβολής της χημικής σύστασης (ολικό λίπος, πρωτεΐνες, τέφρα και υγρασία) των ειδών: κουτσομούρα (*Mullus barbatus*), σκουμπρί (*Scomber scombrus*), χταπόδι (*Octopus vulgaris*) και τσιπούρα (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο.
2. Η μελέτη της μεταβολής της κατανομής των λιπαρών οξέων με GC-FID στο λίπος των ανωτέρω αλιευμάτων κατά τους μήνες αυτούς.
3. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των σημαντικότερων λιπαρών οξέων της σάρκας των ανωτέρω αλιευμάτων με GC-FID και η μελέτη της μεταβολής τους κατά τους μήνες αυτούς.
4. Η μελέτη της μεταβολής της συγκέντρωσης σε χοληστερόλη με GC-MS των ανωτέρω αλιευμάτων κατά τους μήνες αυτούς.
5. Η μελέτη της μεταβολής των μετάλλων των ανωτέρω αλιευμάτων κατά τους μήνες αυτούς, με ατομική απορρόφηση φούρνου γραφίτη.

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Υλικά και μέθοδοι

4.1.1 Αλιεύματα

Η προμήθεια της πρώτης ύλης, των τριών ειδών αλιευμάτων, κουτσομούρα (*Mullus barbatus*), σκουμπρί (*Scomber scombrus*), χταπόδι (*Octopus vulgaris*) και τσιπούρα (*Sparus aurata*) έγινε από την Ιερισσό Χαλκιδικής. Μετά την αλιεία τα δείγματα μεταφέρονταν στο Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, όπου γινόταν η ζύγιση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων από κάθε είδος αλιεύματος και η μέτρηση του μήκους τους, ο εκσπλαχνισμός τους και η ομογενοποίηση όλων των δειγμάτων ξεχωριστά.

4.1.2 Αντιδραστήρια

Όλα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αναλυτικής καθαρότητας.

- Πρότυπο λιπαρών οξέων (PUFA No 2, Animal Source 100mg, Net 100mg).
- Πρότυπο χοληστερόλης (10mg/mL in chloroform).
- Πρότυπα διαλύματα των μετάλλων (Zn, Al, Cu, Cd, Pb) της εταιρίας Merck (Standardlosung, gebrauchsfertig με συγκεντρώσεις $1,000 \pm 0,002 \text{g/L}$).

4.1.3 Όργανα

- Ομογενοποιητής τύπου Yellow line DI 25 basic για την ομογενοποίηση των δειγμάτων.
- Αναλυτικός ζυγός για τη ζύγιση των δειγμάτων.
- Φούρνος σταθερής θερμοκρασίας για τον προσδιορισμό της υγρασίας.
- Κλίβανος αποτέφρωσης σταθερής θερμοκρασίας για τον προσδιορισμό της τέφρας.
- Ηλεκτρικό μάτι για τη θέρμανση των δειγμάτων πριν την αποτέφρωση.
- Συσκευή καύσης και απόσταξης Kjeldahl τύπου Kjeltac 2200 (Auto Distillation Unit Foss) για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών.
- Φυγόκεντρος Sorvall RC-28S με ελεγχόμενη θερμοκρασία για τη φυγοκέντριση των δειγμάτων κατά τον προσδιορισμό του ολικού λίπους.
- Περιστροφικός συμπυκνωτής κενού Buchi 461 Re III για την εκχύλιση του λίπους.
- Ειδική συσκευή θέρμανσης (heating block) για τη θέρμανση των δειγμάτων κατά το σχηματισμό μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων και της χοληστερόλης.

- Αέριος χρωματογράφος (Gas Chromatograph) μοντέλο Focus GC-FID (Flame Ionization Detector) της εταιρείας Thermofinigan, με τριχοειδή στήλη μήκους 60 m με πάχος 0,25 μm και εσωτερική διάμετρο 0,25 mm για τον προσδιορισμό της κατανομής των λιπαρών οξέων και τον προσδιορισμό της χοληστερόλης.
- Αέριος χρωματογράφος (Gas Chromatograph) μοντέλο Trace GC-MS (Mass Spectrometry) της εταιρείας Thermofinigan, με τριχοειδή στήλη μήκους 30 m με πάχος 0,25 μm και εσωτερική διάμετρο 0,25 mm για τον προσδιορισμό χοληστερόλης.
- Ατομική απορρόφηση Perkin–Elmer 2100 με φούρνο γραφίτη (Atomic absorption Spectrophotometer) για τον προσδιορισμό των μετάλλων.

4.2 Επεξεργασία/Προετοιμασία δειγμάτων

Αμέσως με την παραλαβή των αλιευμάτων στον εργαστηριακό χώρο, πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια η μέτρηση του μήκους και του βάρους τους. Στην περίπτωση του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) δεν ήταν δυνατές αυτές οι μετρήσεις. Ακολούθησε ο καθαρισμός, ο αποκεφαλισμός, ο εκσπλαχνισμός και η άλεση των δειγμάτων. Η άλεση του κάθε είδους πραγματοποιήθηκε για την ομοιομορφία των δειγμάτων, με σκοπό αντιπροσωπευτικότερα δείγματα. Αμέσως μετά την άλεση πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις υγρασίας και τέφρας. Τα αλεσμένα δείγματα συντηρήθηκαν σε συνθήκες ψύξης, μέγιστο 5 ημέρες, μέχρι την ολοκλήρωση των λοιπών αναλύσεων (ολικό λίπος, κατανομή λιπαρών οξέων, περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και μέταλλα). Μέρος των αλεσμένων δειγμάτων αποθηκεύτηκαν στους -30°C ως απόθεμα, για την περίπτωση σφάλματος.

4.3 Μέθοδοι ανάλυσης

4.3.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Ο προσδιορισμός της υγρασίας έγινε με βάση την προτεινόμενη από την CEC (Commission of European Communities) μέθοδο ISOR 1442 (EEC 1979). Η περιεχόμενη υγρασία μετρήθηκε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Περίπου 5g δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε αναλυτικό ζυγό σε τρυβλίο Petri, στο οποίο προηγουμένως είχαν τοποθετηθεί και με ακρίβεια ζυγιστεί 10 g άμμου καθώς και ένα υάλινο ραβδάκι. Το μίγμα άμμου και αλιεύματος αναμείχθηκε καλά με το ραβδάκι, έτσι ώστε η άμμος να απλωθεί ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του τρυβλίου. Στη συνέχεια, τα τρυβλία τοποθετήθηκαν σε φούρνο με αέρα στους $100\pm 2^{\circ}\text{C}$ και παρέμειναν εκεί για τουλάχιστον 24 ώρες, μέχρι δηλαδή την απόκτηση σταθερού βάρους. Μετά το πέρας των 24 ωρών τα τρυβλία μεταφέρθηκαν σε ξηραντήριο, για να κρυώσουν χωρίς να μεταβληθεί η υγρασία τους. Ακολούθησε η ακριβής ζύγισή τους σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

$$\% \text{Υγρασία} = [(\text{Αρχικό βάρος} - \text{τελικό βάρος}) / (\text{Βάρος δείγματος})] \times (100)$$

4.3.2 Προσδιορισμός τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας έγινε με βάση την πρότυπη μέθοδο AOAC (1990). Η περιεχόμενη τέφρα μετρήθηκε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Ζυγίστηκε με ακρίβεια το βάρος του ειδικού πυρίμαχου καμινιδίου και προστέθηκαν περίπου αλλά με ακρίβεια ζυγισμένα 5g δείγματος. Ακολούθησε η θέρμανση των δειγμάτων σε ηλεκτρικό μάτι για δύο ώρες και στη συνέχεια η μεταφορά τους σε κλίβανο αποτέφρωσης στους 550°C για 24 ώρες. Μετά το πέρας των 24 ωρών τα καμινίδια μεταφέρθηκαν σε ξηραντήριο για να κρυσώσουν και ακολούθησε η ακριβής ζύγισή τους.

Η περιεχόμενη τέφρα υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\% \text{ Περιεχόμενη τέφρα} = [(B_1 - B_2) / (\text{Βάρος δείγματος})] \times (100)$$

Όπου:

B₁: το βάρος της κάψας μετά την αποτέφρωση

B₂: το βάρος της κάψας πριν την αποτέφρωση.

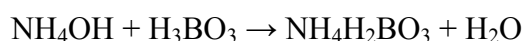
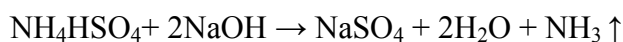
4.3.3 Προσδιορισμός πρωτεϊνών

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl, όπως περιγράφεται από τους Cowie and Mackie (1968). Η μέτρηση των πρωτεϊνών έγινε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Περίπου 1 g αλιεύματος ζυγίστηκε με ακρίβεια σε αναλυτικό ζυγό, μέσα σε άτεφρο ηθμό. Το δείγμα τυλίχτηκε προσεκτικά με τον ηθμό και τοποθετήθηκε σε φιάλη Kjeldahl. Στη φιάλη προστέθηκαν δύο ταμπλέτες (Kjeldahl 3,5g K₂SO₄ και 0,4g CuSO₄·5H₂O) και 20mL 98% πυκνόθειικό οξύ. Η φιάλη στη συνέχεια θερμάνθηκε στους 400-800°C σε ειδικό μπλοκ θέρμανσης, μέχρι το περιεχόμενο να γίνει πράσινο (λόγω θειϊκού χαλκού) και διαυγές για περίπου δύο ώρες.

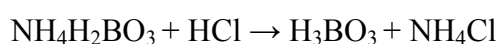
Μετά την καύση της οργανικής ύλης, που είχε ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της σε αμμωνιακό άλας (NH₄HSO₄), ακολούθησε η απόσταξή της. Κατά την απόσταξη που πραγματοποιήθηκε σε έντονα αλκαλικό περιβάλλον (προσθήκη NaOH 50%) και με σημαντική συμμετοχή της θέρμανσης απελευθερώθηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή), η οποία διέφυγε από την άκρη της αποστακτικής συσκευής και δεσμεύτηκε από 40mL βορικό οξύ συγκέντρωσης 4%.

Το βορικό οξύ μαζί με το δείκτη (0,1g ερυθρό του μεθυλίου και 0,05g μπλε του μεθυλίου σε 100mL αιθανόλης) τοποθετήθηκαν στο άκρο της συσκευής απόσταξης, το οποίο ήταν εμβαπτισμένο μέσα σε οξύ έτσι ώστε να μην επιτρέπει στην αμμωνία να διαφεύγει στο περιβάλλον, αλλά να δεσμεύεται αμέσως από το βορικό οξύ.



Η δέσμευση της αμμωνίας διαπιστώθηκε με την αλλαγή του χρώματος του δείκτη.

Η απόσταξη ολοκληρώθηκε με τη συγκέντρωση >100mL αποστάγματος. Ακολούθησε η ογκομέτρηση του βορικού ανιόντος με 0,1N διάλυμα υδροχλωρικού οξέος.



Το % άζωτο υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\% \text{Ολικό άζωτο} = [14 \times (\text{S}-\text{B}) / \text{W}] \times 6,25$$

Όπου:

S: τα mL υδροχλωρικού που καταναλώθηκε για την ογκομέτρηση του δείγματος,

B: τα mL υδροχλωρικού που καταναλώθηκε για την ογκομέτρηση του λευκού

W: το βάρος του δείγματος.

Για τον υπολογισμό της πρωτεΐνης το ολικό άζωτο πολλαπλασιάστηκε με τον εμπειρικό συντελεστή Kjeldahl 6,25.

4.3.4 Προσδιορισμός ολικού λίπους

Ο προσδιορισμός του ολικού λίπους έγινε με τη μέθοδο Bligh & Dyer (1959), όπως τροποποιήθηκε από τους Hanson & Olley (1963).

Περίπου 30g δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε φιάλη φυγοκέντρησης. Σε αυτήν προστέθηκαν νερό με τελικό όγκο 48mL (ως εκ τούτου η προσθήκη νερού ήταν ανάλογη της περιεχόμενης υγρασίας του κάθε δείγματος, 30mL χλωροφόρμιο με 0,01% BHT και 60mL μεθανόλη. Το μίγμα ομογενοποιήθηκε για 1 λεπτό. Κατά τη διάρκεια της ομογενοποίησης η θερμοκρασία του δείγματος διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα, με την τοποθέτηση της φιάλης σε πάγο. Μετά το πέρας του ενός λεπτού, άλλα 30mL χλωροφόρμιου με 0,01% BHT προστέθηκαν και ακολούθησε νέα ομογενοποίηση του δείγματος για 30 δευτερόλεπτα. Τέλος, μία τρίτη ομογενοποίηση έλαβε χώρα μετά την προσθήκη 30mL αποσταγμένου νερού. Ίδια διαδικασία ακολούθηθηκε για όλα τα είδη των αλιευμάτων.

Οι φιάλες φυγοκέντρησης με τα περιεχόμενα μίγματά τους, ζυγίστηκαν ώστε να μην έχουν διαφορά βάρους μεγαλύτερη από 0,1g μεταξύ τους και τα ομογενοποιημένα μίγματα φυγοκεντρήθηκαν στις 3000 rpm για 20 λεπτά στους 4°C.

Μετά τη φυγοκέντρηση και με τη βοήθεια σιφωνίου πληρώσεως μεταφέρθηκαν 20mL από τον πυθμένα της φιάλης σε αποξηραμένη και προζυγισμένη φιάλη του περιστροφικού συμπυκνωτή. Ο πυθμένας της φιάλης περιείχε το χλωροφόρμιο το οποίο είχε δεσμεύσει το διαλυμένο λίπος του δείγματος. Το διάλυμα του χλωροφόρμιου συμπυκνώθηκε με τη χρήση περιστροφικού συμπυκνωτή σε θερμοκρασία 38°C. Μετά τη συμπύκνωση η φιάλη με το λίπος τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 102±2°C για 30 λεπτά και στη συνέχεια σε ξηραντήρα για 15 λεπτά. Τέλος, ακολούθησε η ζύγιση της κάθε φιάλης με το περιεχόμενο λίπος. Ο προσδιορισμός του ολικού λίπους έγινε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Το ποσοστό του ολικού λίπους υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\% \text{ Λίπος} = [(\text{Βάρος εκχυλιζόμενου λίπους}) / \text{Βάρος δείγματος}] \times 3 \times 100$$

4.3.5 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων

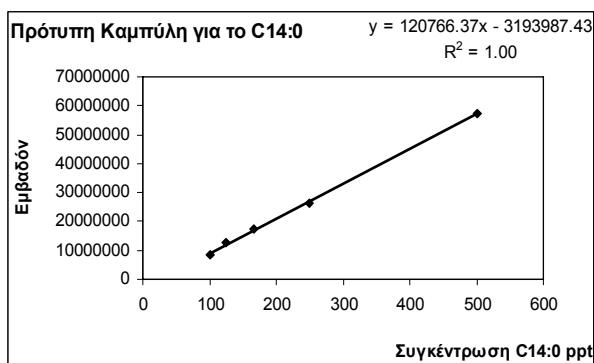
Για τον προσδιορισμό των μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε η εκχύλιση του λίπους, όπως περιγράφηκε στη παράγραφο 4.3.3 χωρίς το στάδιο της ξήρανσης στο φούρνο.

Ζυγίστηκαν με ακρίβεια 25-50mg (1 σταγόνα) λίπους σε βιδωτό φιαλίδιο των 10mL και προστέθηκε 1,5mL 0,5M υδροξειδίου του νατρίου σε μεθανόλη. Το φιαλίδιο βιδώθηκε ερμητικά και το περιεχόμενο αναδεύθηκε και θερμάνθηκε στους 100°C σε ειδική συσκευή θέρμανσης (heating block) για 20 λεπτά. Μετά τη θέρμανση και αφού το φιαλίδιο είχε ψυχθεί, προστέθηκαν 2mL 14% τριφθοριούχου βόριου (boron trifluoride) σε μεθανόλη. Το φιαλίδιο βιδώθηκε και πάλι ερμητικά και το περιεχόμενό του αναδεύθηκε και θερμάνθηκε εκ νέου στους 100°C για 5 λεπτά στην ίδια συσκευή. Ακολούθησε η πτώση της θερμοκρασίας του μίγματος στους 30-40°C και η προσθήκη 1mL εξανίου HPLC καθαρότητας. Το φιαλίδιο πωματίστηκε ερμητικά και το μίγμα αναδεύθηκε, με τη χρήση αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων για 30 δευτερόλεπτα. Ακολούθησε η προσθήκη 5mL κορεσμένου χλωριούχου νατρίου και το μίγμα αναδεύθηκε για άλλα 30 δευτερόλεπτα. Το φιαλίδιο αφέθηκε σε ηρεμία ώστε να επιτραπεί ο διαχωρισμός των φάσεων. Με τη βοήθεια πιπέτας Pasteur ελήφθη η στοιβάδα του εξανίου και μεταφέρθηκε σε μικρό σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο. Έπειτα, στο αρχικό φιαλίδιο προστέθηκε 1mL εξανίου, HPLC καθαρότητας, και ακολούθησε δεύτερη εκχύλιση, από όπου ελήφθη ξανά η στοιβάδα του εξανίου. Τα δύο εκχυλίσματα ενώθηκαν και αποθηκεύτηκαν στους -30 °C μέχρι την ανάλυσή τους στον αέριο χρωματογράφο για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των λιπαρών οξέων.

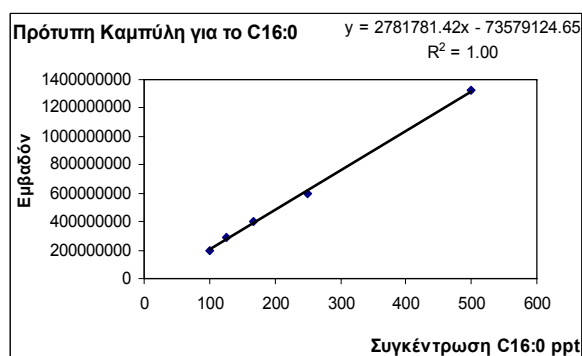
Συνθήκες αέριου χρωματογράφου

Η κατανομή των λιπαρών οξέων αναλύθηκε με αέριο χρωματογράφο με ανιχνευτή FID, με τριχοειδή στήλη μήκους 60m με πόρους 0,25μm και εσωτερική διάμετρο (ID) 0,25mm. Η αρχική θερμοκρασία του φούρνου ρυθμίστηκε στους 150°C για 1min, με αύξηση στους 220°C με ρυθμό 3°C/min και διατηρήθηκε στους 220°C για 50 min. Συνολικός χρόνος ανάλυσης 74 λεπτά. Η ποσότητα του δείγματος ήταν 1μL.

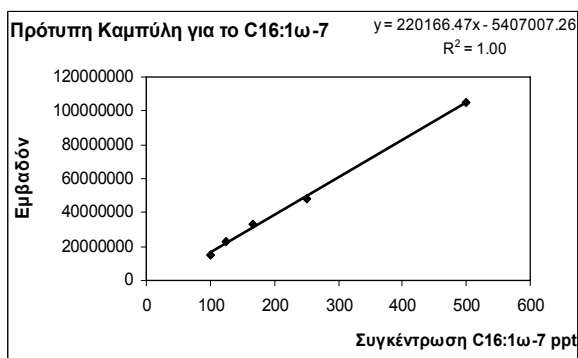
Η θερμοκρασία στο χώρο έγχυσης του δείγματος ρυθμίστηκε στους 220°C, και η θερμοκρασία ανίχνευσης στους 250°C. Τα λιπαρά οξέα προσδιορίστηκαν συγκρίνοντας το χρόνο κατακράτησης αυτών με το χρόνο κατακράτησης των λιπαρών οξέων του προτύπου (PUFA No 2, Animal Source 100mg, Net 100mg). Επιπλέον, έλαβε χώρα ο ποσοτικός προσδιορισμός των λιπαρών οξέων των δειγμάτων με βάση τα λιπαρά οξέα του πρότυπου και υπολογίστηκαν τα g του κάθε λιπαρού οξέος στα 100g εδάδιμου ιστού κάθε δείγματος, με τη χρήση πρότυπων καμπυλών των λιπαρών οξέων, οι οποίες φαίνονται στα Σχήματα 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 και 16.



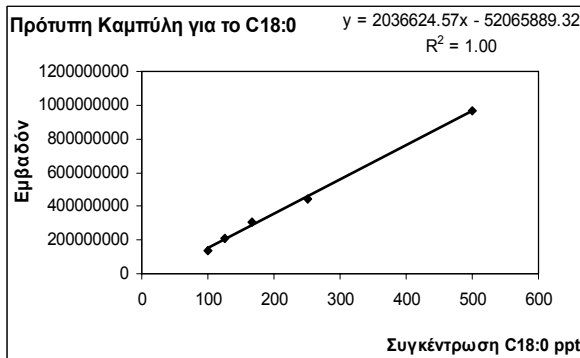
Σχήμα 4. Πρότυπη καμπύλη C14:0



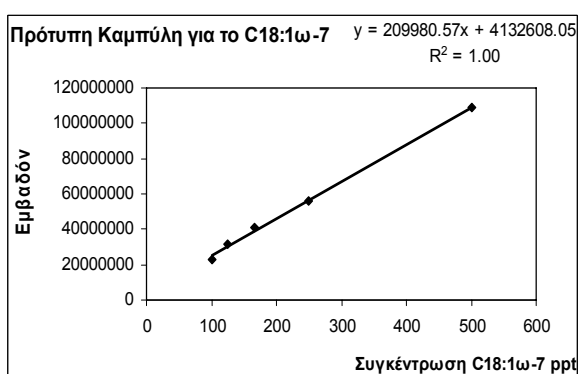
Σχήμα 5. Πρότυπη καμπύλη C16:0



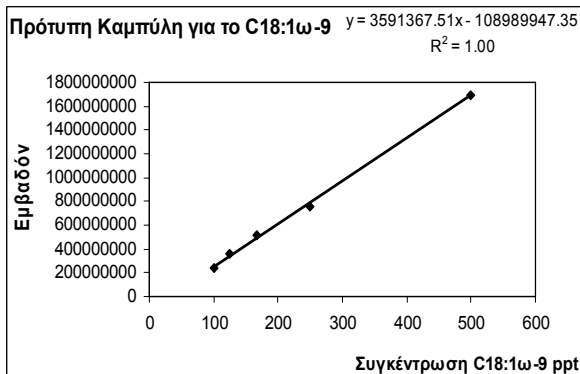
Σχήμα 6. Πρότυπη καμπύλη C16:1ω-7



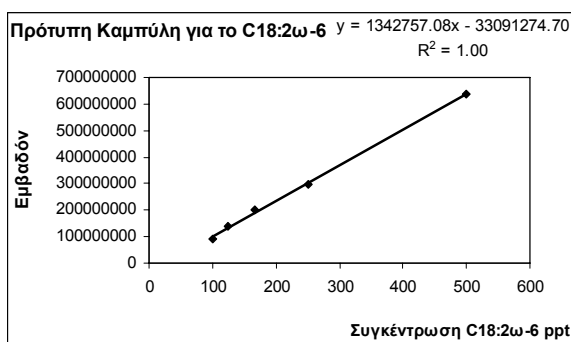
Σχήμα 7. Πρότυπη καμπύλη C18:0



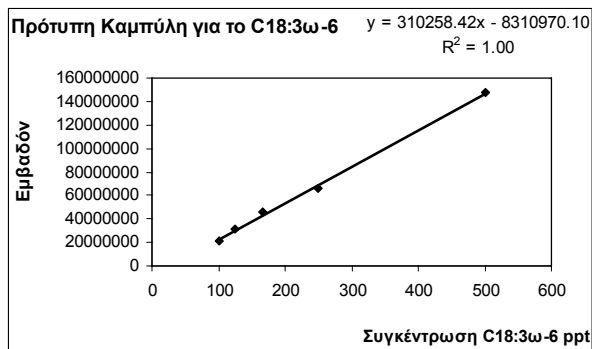
Σχήμα 8. Πρότυπη καμπύλη C18:1ω-7



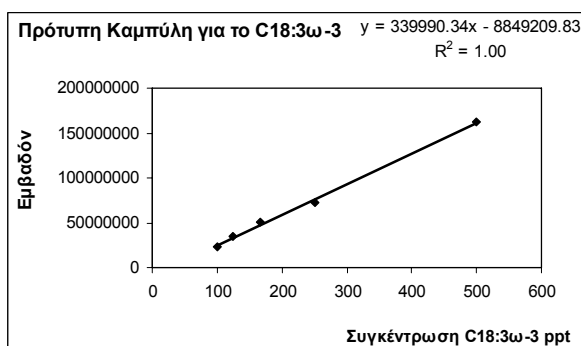
Σχήμα 9. Πρότυπη καμπύλη C18:1ω-9



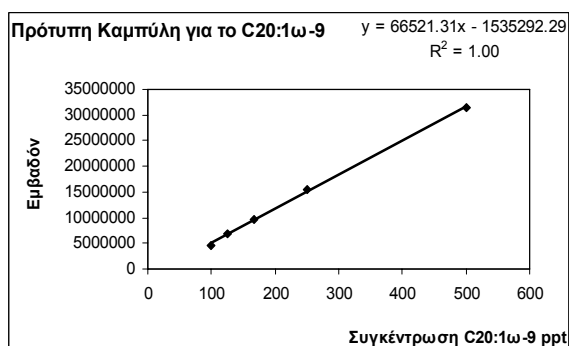
Σχήμα 10. Πρότυπη καμπύλη C18:2ω-6



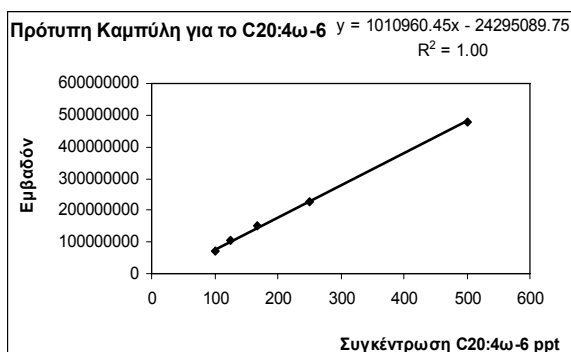
Σχήμα 11. Πρότυπη καμπύλη C18:3ω-6



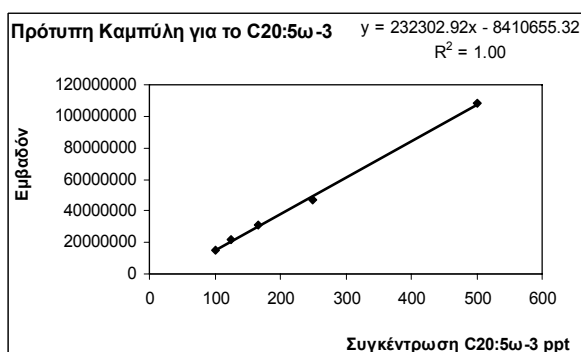
Σχήμα 12. Πρότυπη καμπύλη C18:3ω-3



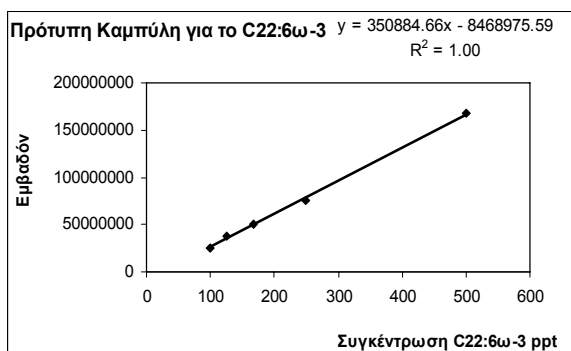
Σχήμα 13. Πρότυπη καμπύλη C20:1ω-9



Σχήμα 14. Πρότυπη καμπύλη C20:4ω-6



Σχήμα 15. Πρότυπη καμπύλη C20:5ω-3



Σχήμα 16. Πρότυπη καμπύλη C22:6ω-3

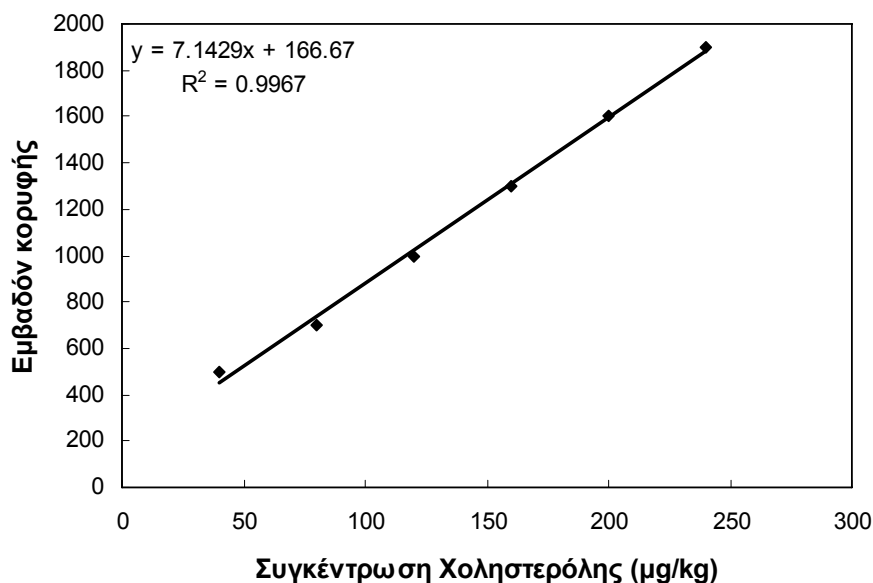
4.3.6 Προσδιορισμός χοληστερόλης

Ο προσδιορισμός της χοληστερόλης πραγματοποιήθηκε με μέθοδο που περιγράφεται από τους Kovacs *et al.* (1979).

Ζυγίστηκαν με ακρίβεια 25-50mg (1 σταγόνα) λίπους σε βιδωτό φιαλίδιο των 10mL και προστέθηκαν 0,5mL 50% υδροξειδίου του καλίου και 2mL 95% αιθανόλης. Το φιαλίδιο βιδώθηκε ερμητικά και το περιεχόμενο αναδεύθηκε και θερμάνθηκε στους 100°C σε ειδική συσκευή θέρμανσης (heating block) για 30 λεπτά μέχρι το λίπος να σαπωνοποιηθεί. Μετά την θέρμανση το φιαλίδιο αφέθηκε να κρυώσει και προστέθηκαν 1,5mL αποσταγμένου νερού. Ακολούθησε η προσθήκη 2,5mL εξανίου HPLC καθαρότητας, το φιαλίδιο πωματίστηκε ερμητικά και το μίγμα αναδεύθηκε, με τη χρήση αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων για 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια το φιαλίδιο αφέθηκε σε ηρεμία ώστε να επιτραπεί ο διαχωρισμός των φάσεων. Με τη βοήθεια πιπέτας Pasteur σιφωνίστηκε η στοιβάδα του εξανίου και μεταφέρθηκε σε μικρό σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο. Ακολούθησαν τρεις επιπλέον εκχυλίσεις με 2,5mL εξανίου HPLC καθαρότητας κάθε φορά. Τα τέσσερα εκχυλίσματα ενώθηκαν σε σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο και αποθηκεύτηκαν στους -30°C μέχρι την ανάλυσή τους στον αέριο χρωματογράφο.

Συνθήκες αέριου χρωματογράφου

Η κατανομή των λιπαρών οξέων αναλύθηκε με αέριο χρωματογράφο με ανιχνευτή μάζας, με τριχοειδή στήλη μήκους 30m με πόρους 0,25μm και εσωτερική διάμετρο (ID) 0,25mm. Η αρχική θερμοκρασία του φούρνου ρυθμίστηκε στους 200°C για 1min, με αύξηση στους 280°C με ρυθμό 5°C/min και διατηρήθηκε στους 280°C για 5 min. Συνολικός χρόνος ανάλυσης 21 λεπτά. Η ποσότητα του δείγματος ήταν 1μL. Η θερμοκρασία στο χώρο έγχυσης του δείγματος ρυθμίστηκε στους 230°C, η θερμοκρασία του σωλήνα σύνδεσης του αέριου χρωματογράφου με τη μάζα στους 285°C και η θερμοκρασία της πηγής στους 220°C. Η ανίχνευση της χοληστερόλης έγινε με Full Scan λειτουργία της μάζας από 380 μέχρι 390m/z. Η ποιοτική και ποσοτική ανίχνευση της χοληστερόλης έγινε με τη βοήθεια προτύπου και της καμπύλης αναφοράς του Σχήματος 17.



Σχήμα 17. Πρότυπη καμπύλη προσδιορισμού της χοληστερόλης.

4.3.7 Προσδιορισμός μετάλλων (Zn, Al, Cu, Cd, Pb)

Ο προσδιορισμός των μετάλλων έγινε με δύο μεθόδους, την ξηρή μέθοδο (ξηρή αποτέφρωση) και την υγρή μέθοδο (υγρή χώνευση), όπως περιγράφει ο κατασκευαστής του οργάνου:

- **Ξηρή αποτέφρωση**

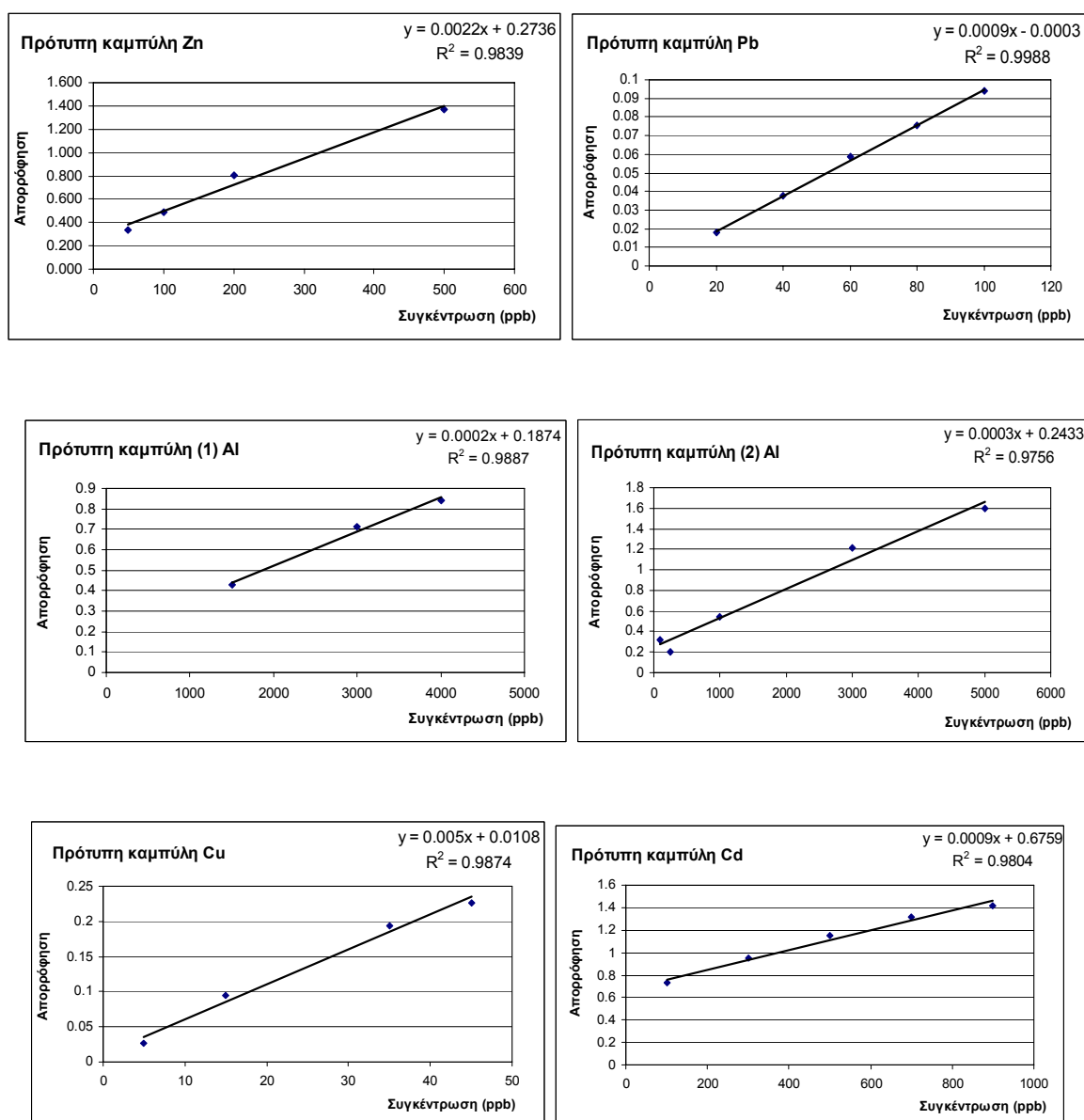
Περίπου 1g ξηρής σάρκας ζυγίστηκε με ακρίβεια σε πορσελάνινο πυρίμαχο καψίδιο το οποίο τοποθετήθηκε σε κλίβανο αποτέφρωσης στους 500°C. Μετά το πέρας μιας νύχτας το καψίδιο απομακρύνθηκε από τον κλίβανο και τοποθετήθηκε σε ξηραντήρα για ψύξη. Στη συνέχεια, η στάχτη διαλύθηκε σε 5mL 20% HCl, ενώ παράλληλα θερμάνθηκε, για ευκολότερη διάλυση της. Ακολούθησε διήθηση του μίγματος με χρήση ηθμού ανθεκτικού στα οξέα. Το διήθημα συγκεντρώθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 50mL. Τέλος, έγινε πλήρωση της φιάλης με αποσταγμένο νερό και ανακινήθηκε καλά.

- **Υγρή χώνευση**

Περίπου 1g ξηρής σάρκας ζυγίστηκε με ακρίβεια σε ποτήρι ζέσεως. Στη συνέχεια προστέθηκαν 10mL HNO₃ και το δείγμα παρέμεινε κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ακολούθησε θέρμανση του μίγματος σε ηλεκτρικό μάτι έως την εμφάνιση κόκκινων ατμών (NO₂). Ακολούθησε ψύξη και προσθήκη 2-4mL 70% HClO₄. Ακολούθησε θέρμανση του μίγματος και μεταφορά του σε ογκομετρική φιάλη των 50mL η οποία πληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.

Ο προσδιορισμός των μετάλλων έγινε με φούρνο γραφίτη. Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα του φούρνου γραφίτη και το μήκος κύματος που χρησιμοποιήθηκε για κάθε μέταλλο ήταν σύμφωνο με τις οδηγίες του κατασκευαστή της συσκευής. Για τον προσδιορισμό του μολύβδου και ψευδάργυρου χρησιμοποιήθηκε τροποποιητής του υποστρώματος (matrix modifier) 0,01mg Mg(NO₃)₂. Η ποσότητα του ενέσιμου δείγματος ήταν 1μL. Έγιναν 3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των μετάλλων προηγήθηκε η ανάλυση των πρότυπων διαλυμάτων. Με τη βοήθεια διαδοχικών αραιώσεων των πρότυπων διαλυμάτων διαμορφώθηκαν οι πρότυπες καμπύλες βαθμονόμησης των μετάλλων (Σχήμα 18).



Σχήμα 18. Πρότυπες καμπύλες βαθμονόμησης των μετάλλων.

4.3.8 Στατιστική ανάλυση

Εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (one way ANOVA) στις μεταβλητές για να διαπιστωθούν ενδεχόμενες στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα (μήνες). Η διαπίστωση σημαντικών μεταβολών ($p < 0,05$) μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα οδήγησε στην εφαρμογή του ελέγχου πολλαπλών συγκρίσεων των μέσων όρων, μέσω του ελέγχου Tukey. Οι στατιστικές αυτές αναλύσεις διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Minitab 15.

Επίσης, εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microsoft Excel.

5. Αποτελέσματα και συζήτηση

5.1 Μέτρηση του μήκους και του βάρους των αλιευμάτων

Στους Πίνακες 5, 6, και 7 δίνεται το μήκος και το βάρος των δειγμάτων στους 3 διαφορετικούς μήνες. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τους πίνακες 5, 6 και 7 τα δείγματα δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, παρά την υψηλότερη μέση τιμή βάρους που παρατηρήθηκε κατά το μήνα Μάρτιο για τα δείγματα σκουμπριού.

Πίνακας 5. Μέσος όρος μήκους και βάρους της κουτσομούρας (*Mullus barbatus barbatus*).

Μήνες	Μήκος (cm)	Βάρος (g)
Μάρτιος	12,4±0,75	34,9±6,59
Απρίλιος	13,1±0,90	37,1±4,14
Μάιος	13,5±1,08	38,0±9,18

Οι τιμές του πίνακα είναι οι μέσοι όροι ± τυπικές αποκλίσεις τριών επαναλήψεων.

Πίνακας 6. Μέσος όρος μήκους και βάρους του σκουμπριού (*Scomber scombrus*).

Μήνες	Μήκος (cm)	Βάρος (g)
Μάρτιος	30,2±1,26	289,2±61,00
Απρίλιος	29,1±1,11	276,4±26,09
Μάιος	29,6±0,81	277,9±22,84

Οι τιμές του πίνακα είναι οι μέσοι όροι ± τυπικές αποκλίσεις τριών επαναλήψεων.

Πίνακας 7. Μέσος όρος μήκους και βάρους της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Μήνες	Μήκος (cm)	Βάρος (g)
Μάρτιος	26,2±0,95	359,9±15,56
Απρίλιος	26,9±0,68	367,8±12,01
Μάιος	26,7±1,26	362,6±10,66

Οι τιμές του πίνακα είναι οι μέσοι όροι ± τυπικές αποκλίσεις τριών επαναλήψεων.

5.2 Μεταβολές στη μέση σύσταση των αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Όπως αναλύθηκε εκτενέστερα στη βιβλιογραφική ανασκόπηση της παρούσας εργασίας, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μέση σύσταση των αλιευμάτων μπορούν να είναι είτε ενδογενείς είτε εξωγενείς.

Οι ενδογενείς παράγοντες συνδέονται με τον κύκλο αναπαραγωγής των αλιευμάτων. Ο κύκλος αναπαραγωγής μπορεί να επηρεάσει τους παράγοντες αυτούς διότι οι πρωτεΐνες και το λίπος κινητοποιούνται από το μυϊκό ιστό και μεταφέρονται στις ωοθήκες κατά την περίοδο της αναπαραγωγής.

Επιπλέον παράγοντας στον οποίο είναι πιθανό να οφείλονται οι μεταβολές της σύστασής τους είναι οι ιδιαίτερες περιβαλλοντικές μεταβολές και διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητα και τη σύσταση της τροφής που περαιτέρω επιδρούν στη σύσταση των μυών τους (Gokce *et al.*, 2004; Periago *et al.*, 2005).

5.2.1 Μεταβολές στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά του μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 8 η περιεκτικότητα σε υγρασία και λίπος επηρεάστηκε από την περίοδο αλίευσης, ενώ η περιεκτικότητα σε τέφρα και πρωτεΐνες δεν παρουσίασε κάποια σημαντική μεταβολή. Έτσι η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος διαπιστώθηκε στα δείγματα του Μαΐου (9,40%) ενώ η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υγρασία διαπιστώθηκε στα δείγματα του Μαρτίου (74,90%).

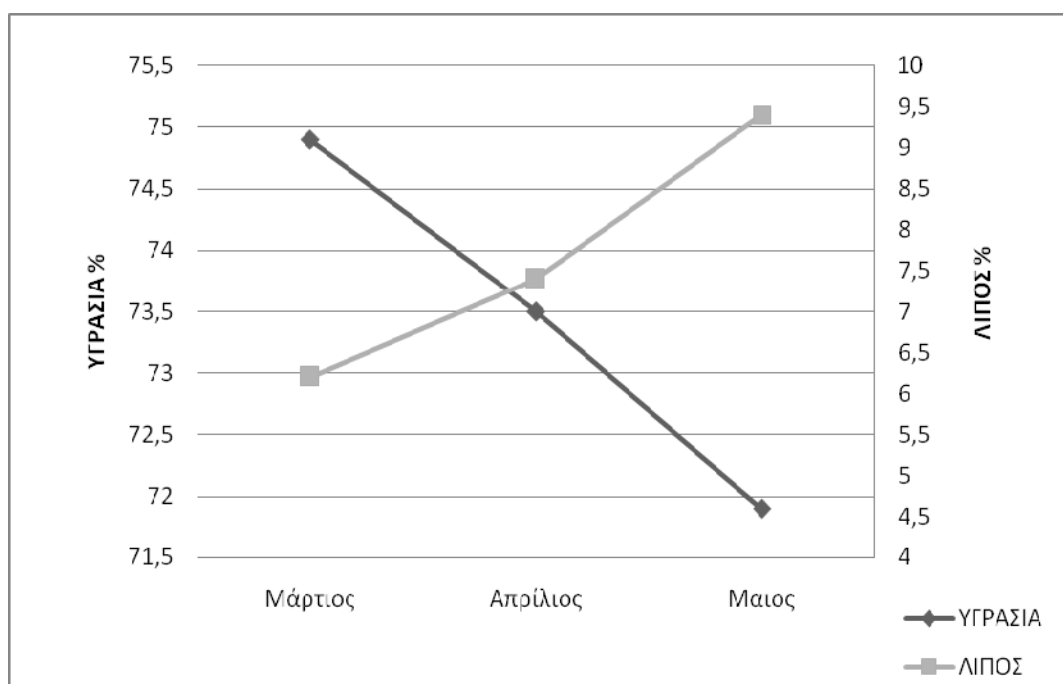
Είναι γνωστό ότι τα λιπαρά αλιεύματα, στα οποία ανήκουν και τα είδη της κουτσομούρας, συσσωρεύουν και αποθηκεύουν υποδόρια λίπος στη διάρκεια του έτους κατά τις κανονικές περιόδους πρόσληψης τροφής, το οποίο καταναλώνουν κύρια κατά την περίοδο της αναπαραγωγής (Pastor *et al.*, 1995).

Πίνακας 8. Επίδραση της περιόδου αλίευσης στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Μήνας	Υγρασία %	Λίπος %	Τέφρα %	Πρωτεΐνες %
Μάρτιος	74,90±0,15 ^α	6,20±0,16 ^α	1,40±0,09 ^α	17,50±0,16 ^α
Απρίλιος	73,50±0,13 ^β	7,40±0,22 ^β	1,50±0,12 ^α	17,60±0,22 ^α
Μάιος	71,90±0,07 ^γ	9,40±0,17 ^γ	1,40±0,04 ^α	17,30±0,18 ^α

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια στήλη με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

Στο Σχήμα 19 δίνεται η συσχέτιση της περιεκτικότητας σε λίπος με την περιεκτικότητα σε υγρασία της κουτσομούρας. Μπορεί να παρατηρηθεί αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε λίπος και της περιεκτικότητας σε υγρασία, όπως ήταν αναμενόμενο, επειδή πρόκειται για λιπαρό είδος αλιεύματος.



Σχήμα 19. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε ολικό λίπος και υγρασία στη κουτσομούρα (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Οι Giouranovits *et al.*, (1994) μελετώντας δείγματα κουτσομούρας από 5 διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, κατά τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο, για τρία συνεχόμενα έτη, ανακοίνωσαν, ότι η υγρασία κυμάνθηκε από 73,9-76,6% ανάλογα με την περιοχή αλίευσης. Ενώ η περιεκτικότητα σε λίπος κυμάνθηκε από 1,7-6,6% όπως και στη συγκεκριμένη εργασία

Οι Koubaa *et al.*, (2010) μελετώντας δείγματα κουτσομούρας ανακοίνωσαν ότι το ποσοστό υγρασίας τους ήταν 70,92%, του λίπους 6,05%, της τέφρας 1,62% και των πρωτεϊνών 20,27% στη διάρκεια 6 μηνών (Δεκέμβριο 2005- Μαΐο 2006).

Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν για τη μέση σύσταση κουτσομούρας και στη συγκεκριμένη εργασία.

5.2.2 Μεταβολές στη μέση σύσταση του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 9, η μέση σύσταση (υγρασία και λίπος) του σκουμπριού επηρεάστηκε από την περίοδο αλίευσης. ενώ η περιεκτικότητα σε τέφρα και πρωτεΐνη δεν παρουσίασε κάποια σημαντική μεταβολή. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος παρατηρήθηκε στα δείγματα του μηνός Μαΐου (2,80%) και η χαμηλότερη στα δείγματα του μηνός Μαρτίου (1,20%). Αντίστοιχα κυμάνθηκε και η υγρασία με υψηλότερη τιμή το μήνα Μάρτιο (77,30%) και χαμηλότερη τιμή το μήνα Μάιο (75,50%).

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι πιθανώς το σκουμπρί διέρχεται περίοδο αναπαραγωγής στην αρχή της Άνοιξης, όπου παρατηρήθηκε μείωση της περιεκτικότητας σε λίπος, βέβαια η δειγματοληψία τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο θα έδιναν πληρέστερη εικόνα για την περίοδο αναπαραγωγής του σκουμπριού της περιοχής Χαλκιδικής (από όπου και αλιεύτηκε).

Η περίοδος αναπαραγωγής στο σκουμπρί παρατηρείται την περίοδο όπου η θερμοκρασία της θάλασσας είναι 15-20°C (FAO, 2009). Οι Hernandez and Ortega, (2000) ανακοίνωσαν ότι η αναπαραγωγική περίοδος του σκουμπριού της μεσογείου λαμβάνει χώρα κατά τους μήνες Απρίλιο με Αύγουστο, ποιο συγκεκριμένα στην Αδριατική και τη Μαύρη θάλασσα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο και στη θάλασσα του Μαρμαρά από τον Απρίλιο έως τον Ιούλιο.

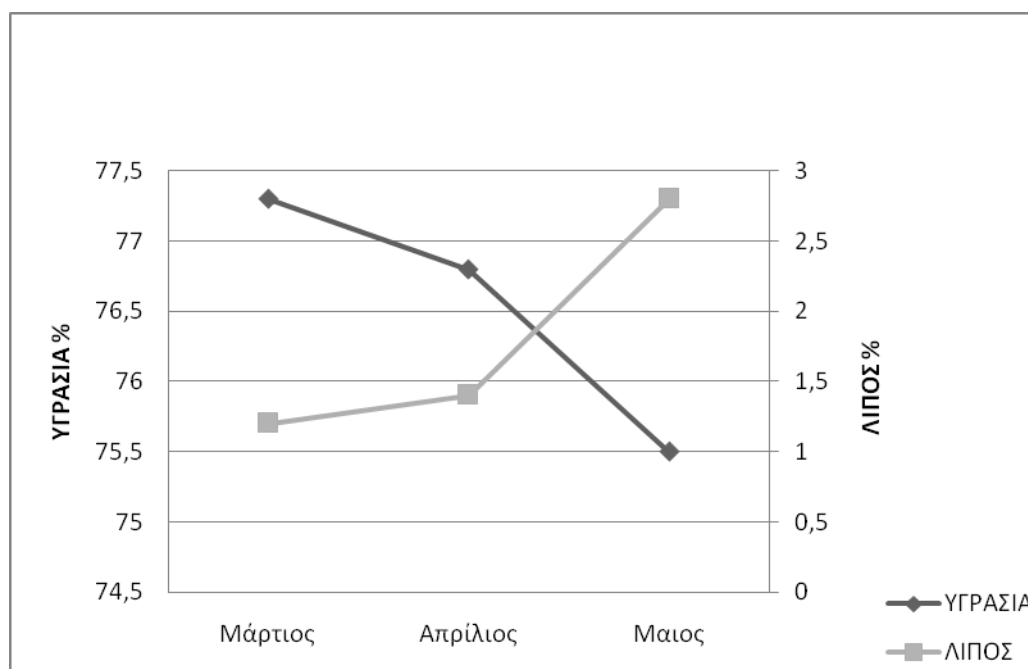
Σημαντικές είναι οι μεταβολές στο λίπος των λιπαρών αλιευμάτων κατά τη διάρκεια του έτους, γιατί το λίπος αποθηκεύεται από τους οργανισμούς αυτούς ως εν δυνάμει αξιοποιήσιμη ενέργεια, ενώ η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες συνήθως παραμένει σταθερή (παράγραφος 2.3).

Πίνακας 9. Επίδραση της περιόδου αλίευσης στη μέση σύσταση του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Μήνας	Υγρασία %	Λίπος %	Τέφρα %	Πρωτεΐνες %
Μάρτιος	77,30±0,30 ^α	1,20±0,13 ^α	1,40±0,05 ^α	20,10±0,66 ^α
Απρίλιος	76,80±0,11 ^β	1,40±0,08 ^β	1,40±0,02 ^α	20,40±0,33 ^α
Μάιος	75,50±0,08 ^γ	2,80±0,08 ^γ	1,50±0,11 ^α	20,20±0,18 ^α

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια στήλη με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

Στο Σχήμα 20 δίνεται η συσχέτιση της περιεκτικότητας σε λίπος με την περιεκτικότητα σε υγρασία του σκουμπριού. Μπορεί να παρατηρηθεί αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε λίπος και της περιεκτικότητας σε υγρασία. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στην αναπαραγωγική περίοδο του σκουμπριού.



Σχήμα 20. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε ολικό λίπος και υγρασία στο σκουμπρί (*Scomber scombus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Οι Hardy and Keay, (1972) μελέτησαν δείγματα σκουμπριού (*Scomber scombus*), από την περιοχή της Κορνουάλλης κατά τη διάρκεια ενός έτους. Το μέγιστο και κατώτατο επίπεδο ολικού λίπους καταγράφηκε το Δεκέμβριο και τον Ιούνιο, 23.4% και 6.3%, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε μια αντίστροφη γραμμική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε λίπος και της αντίστοιχης σε υγρασία, με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες να παραμένει σταθερή. Διαφοροποίηση παρουσίασαν τα αποτελέσματα δειγμάτων σκουμπριού (*Scomber scombus*) του Ατλαντικού. Η περιεκτικότητα σε λίπος παρουσίασε αύξηση από μια ελάχιστη μέση τιμή 3.97% το μήνα Απρίλιο μέχρι μια μέγιστη τιμή 19.2% το μήνα Αύγουστο. Ακολούθησε μείωση της περιεκτικότητας σε λίπος με μέση ελάχιστη τιμή 8.2% το Νοέμβριο.

Οι Tzikas *et al.*, (2007) εξέτασαν τη σύσταση δειγμάτων σκουμπριού που αλιεύτηκαν στην Χαλκιδική σε διάστημα 2 ετών, η περιεκτικότητα σε υγρασία ήταν για Μάρτιο- Μάιο 75,3-75,9% και το λίπος 2,1-2,8%. Αποτελέσματα ανάλογα με αυτά που διαπιστώθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία.

Οι Soriguer *et al.*, (1997) μελετώντας τη διακύμανση της σύστασης δειγμάτων σκουμπριού (*Scomber scombrus*) από περιοχή της Ισπανίας ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα τους σε λίπος ήταν 7.75% το καλοκαίρι, 3.12% το φθινόπωρο, 17.16% το χειμώνα και 1.82% την άνοιξη. Ανάλογη δηλαδή διακύμανση με την παρατηρούμενη στη συγκεκριμένη εργασία.

Οι Tzikas *et al.*, (2007) εξέτασαν τη σύσταση δειγμάτων σκουμπριού που αλιεύτηκαν στην Χαλκιδική σε διάστημα 2 ετών, η περιεκτικότητα σε τέφρα ήταν 1,6% και σε πρωτεΐνες 19,7–20,9%. Οι Mbarki *et al.*, (2009) σε δείγματα σκουμπριού από την περιοχή της Τυνησίας, ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε τέφρα ήταν $2.26 \pm 0.14\%$ και σε πρωτεΐνες $21.38 \pm 0.55\%$. Οι Goulas and Kontominas, (2007) μελετώντας δείγματα σκουμπριού που αλιεύτηκαν από την περιοχή του Ιονίου πελάγους, ανέφεραν ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ήταν 21.2% και σε τέφρα 1.3%. Οι Soriguer *et al.*, (1997) σε μελέτη τους σε δείγματα σκουμπριού από την περιοχή της Ισπανίας, ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών ήταν 19.6%. Οι Krzypowek *et al.*, (1989) σε μελέτη τους για τη σύσταση αλιευμάτων του βόρειο-δυτικού Ατλαντικού, αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα του σκουμπριού σε τέφρα ήταν 1.3%.

Τα προαναφερθέντα αναδεικνύουν τη σημαντική διακύμανση που μπορεί να παρατηρηθεί στη μέση σύσταση των αλιευμάτων στη διάρκεια του έτους.

5.2.3 Μεταβολές στη μέση σύσταση του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Από τον Πίνακα 10 μπορεί να παρατηρηθεί ότι το ποσοστό των πρωτεϊνών δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το ποσοστό του λίπους ωστόσο παρουσίασε σημαντική διακύμανση, από 0,40% έως 1,30% για τους μήνες Μάρτιο και Μάιο αντίστοιχα. Το ποσοστό της υγρασίας εμφανίστηκε υψηλότερο το μήνα Μάρτιο (81,50%) και χαμηλότερο το μήνα Μάιο (80,50%).

Πίνακας 10. Επίδραση της περιόδου αλίευσης στη μέση σύσταση του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Μήνας	Υγρασία %	Λίπος %	Τέφρα %	Πρωτεΐνες %
Μάρτιος	81,50±0,11 ^α	0,40±0,10 ^α	1,20±0,04 ^α	16,90±0,49 ^α
Απρίλιος	81,10±0,21 ^β	0,80±0,11 ^β	1,30±0,05 ^α	16,80±0,17 ^α
Μάιος	80,50±0,10 ^γ	1,30±0,16 ^γ	1,30±0,08 ^α	16,90±0,38 ^α

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια στήλη με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

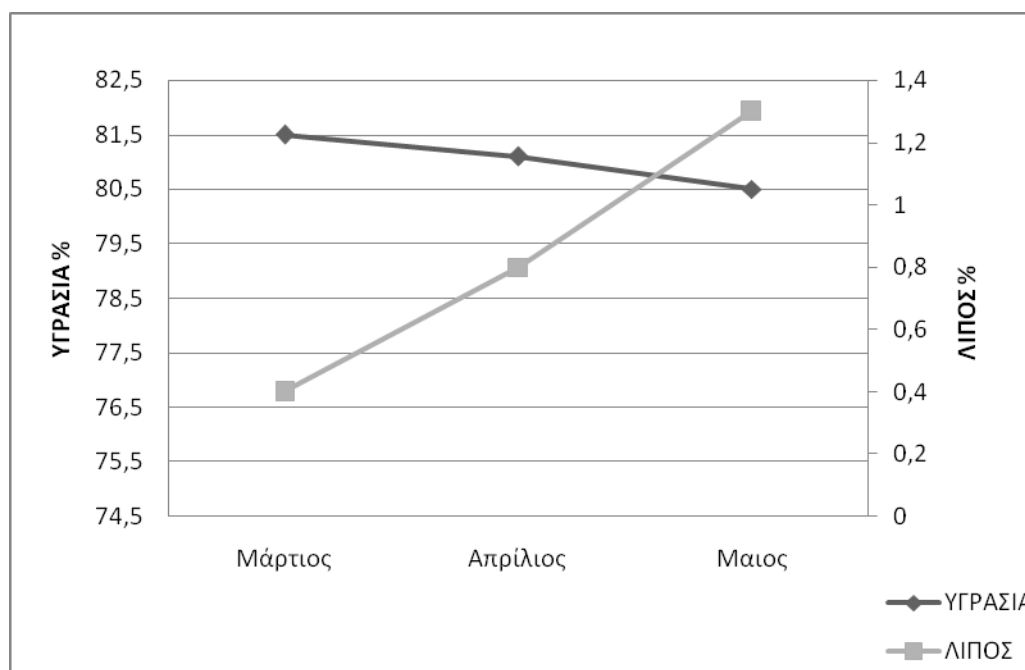
Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) ανακοίνωσαν ότι σε δείγματα χταποδιών (*Octopus vulgaris*) από το Αιγαίο πέλαγος σε τρεις διαφορετικές εποχές (άνοιξη, φθινόπωρο και χειμώνα) η υγρασία τους κυμάνθηκε από 82 έως 88%, η τέφρα από 0,6 έως 1%, οι πρωτεΐνες από 11 έως 15% και οι λιπαρές ύλες από 0,2 έως 1%.

Οι Vaz-Pires and Barbosa (2004) ανακοίνωσαν ότι σε δείγματα χταποδιού (*Octopus vulgaris*) από τη Βόρεια Πορτογαλία που μελετήθηκαν από το Σεπτέμβριο του 2000 μέχρι τον Δεκέμβριο του 2001, η περιεκτικότητα της σάρκας σε υγρασία και λίπος ήταν 79,90% και 0,56% αντίστοιχα. Ενώ η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ήταν 16,30% και σε τέφρα 1,86%.

Οι Ozogul *et al.*, (2008) μελέτησαν δείγματα χταποδιού (*Octopus vulgaris*) που αλιεύτηκαν στην ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα σε διαφορετικές εποχές (Χειμώνα, Άνοιξη και Φθινόπωρο) και ανακοινώθηκε ότι οι πρωτεΐνες και το λίπος κυμάνθηκαν από 14,78-15,28% και 0,54-0,94% αντίστοιχα, χωρίς να παρατηρηθεί κάποια στατιστική σημαντική διάφορα στη μεταβολή τους αναλόγως με την εποχή. Η υγρασία μελετήθηκε στο 80,71-83,41% με την υψηλότερη τιμή της την Άνοιξη και η τέφρα ήταν 1,17-2,06%.

Τα αποτελέσματα της μέσης σύστασης του συγκεκριμένου είδους ήταν ανάλογα με αυτά που ανακοινώθηκαν και από τους ανωτέρω ερευνητές.

Στο Σχήμα 21 παρουσιάζεται η συσχέτιση της περιεκτικότητας σε λίπος με την περιεκτικότητα σε υγρασία του χταποδιού. Μπορεί να παρατηρηθεί αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε λίπος και της περιεκτικότητας σε υγρασία.



Σχήμα 21. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε ολικό λίπος και υγρασία στο χταπόδι (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

5.2.4 Μεταβολές στη μέση σύσταση των δειγμάτων τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Στον πίνακα 11 φαίνεται η μέση σύσταση (υγρασία, τέφρα, λίπος και πρωτεΐνες) των δειγμάτων τσιπούρας (*Sparus aurata*) για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, και Μάιο. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 11 οι περιεκτικότητες των πρωτεϊνών και της τέφρας παρέμειναν σταθερές κατά τη διάρκεια των μηνών που μελετήθηκαν. Το ποσοστό του λίπους παρουσίασε σημαντική διακύμανση, από 7,20% έως 13,10% για τους μήνες Μάρτιο και Μάιο αντίστοιχα. Το ποσοστό της υγρασίας εμφανίστηκε υψηλότερο το μήνα Μάρτιο (72,40%) και χαμηλότερο το μήνα Μάιο (66,50%).

Οι Alasalvar *et al.*, (2001) μελέτησαν τσιπούρα (*Sparus aurata*) ελεγχόμενης εκτροφής που προερχόταν από Ελληνική μονάδα εκτροφής κατά το μήνα Μάιο και ανακοίνωσαν την ακόλουθη σύσταση: υγρασία 74,74%, τέφρα 1,53%, πρωτεΐνες 18% και λίπος 6,53%. Ο Grigorakis (2007) μελέτησε δείγματα εκτρεφόμενης τσιπούρας (*Sparus aurata*) στη διάρκεια του χρόνου και ανακοίνωσε ότι δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή ως προς τη μέση σύσταση της η οποία κατά την περίοδο της Άνοιξης ήταν: υγρασία 71,70% , τέφρα 1,46%, πρωτεΐνες 22,90% και λίπος 3,94%. Οι Grigorakis *et al.*, (2003 b) εξέτασαν τη σύσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσιπούρας (*Sparus aurata*) ελεγχόμενης εκτροφής από την περιοχή της νήσου Πόρος και παρατήρησαν, ότι τον Ιανουάριο η υγρασία ήταν 71,2%, η τέφρα 1,37%, οι πρωτεΐνες 18,08% και οι λιπαρές ύλες 9,8%. Ενώ το ίδιο είδος τσιπούρας (*Sparus aurata*) αλλά από διαφορετική περιοχή, συγκεκριμένα από τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου, είχε υγρασία 69,56%, τέφρα 1,38%, πρωτεΐνες 20,00% και λιπαρές ύλες 8,93%.

Ο Ozyurt (2005) ανακοίνωσε ότι η περιεκτικότητα της υγρασίας τσιπούρας (*Sparus aurata*) ελεγχόμενης εκτροφής από τις ανατολικές ακτές της Μεσογείου, ήταν αρκετά υψηλή το χειμώνα (77,3%) σε σύγκριση με τις άλλες εποχές του χρόνου. Οι περιεκτικότητες της τέφρας και των πρωτεϊνών κυμάνθηκαν από 1,28 έως 1,39% και από 19,28 έως 19,86% αντίστοιχα, χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ενώ η περιεκτικότητα των λιπαρών υλών παρουσίασε μείωση την περίοδο του χειμώνα (1,59%) και αυξήθηκε σημαντικά την άνοιξη (2,01%) και το καλοκαίρι (3,01%).

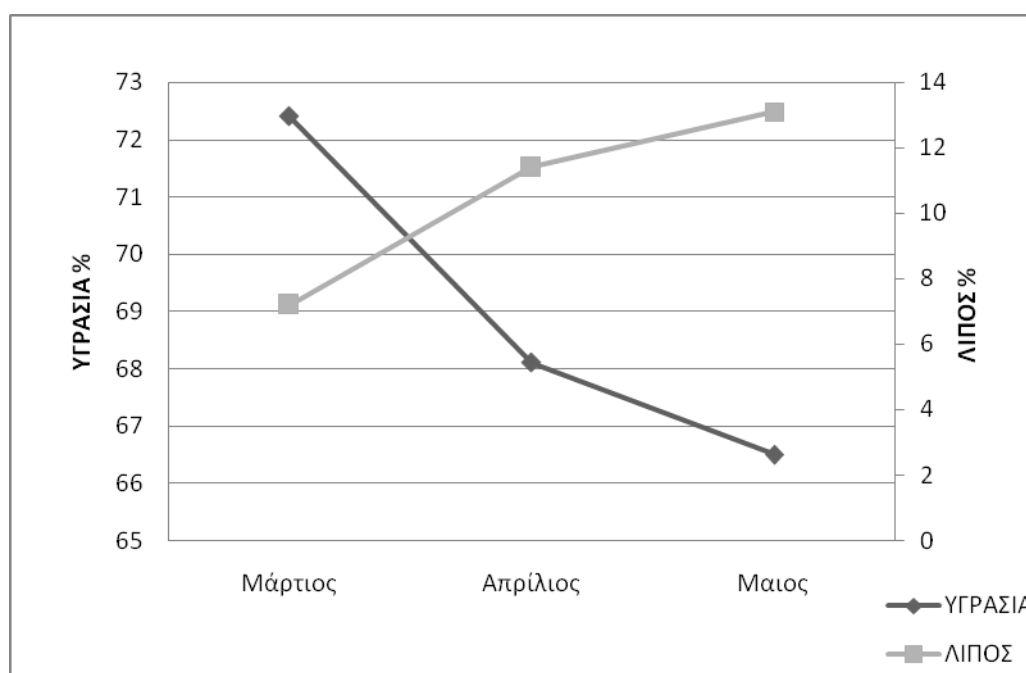
Οι Goulas και Kontominas (2007) μελετώντας εκτρεφόμενη τσιπούρα (*Sparus aurata*) από την Ηγουμενίτσα το μήνα Ιούλιο, παρατήρησαν πολύ χαμηλό ποσοστό λίπους (6,2%), ενώ τα ποσοστά της υγρασίας, της πρωτεΐνης και της τέφρας ήταν 72,4%, 19,9% και 1,4%, αντίστοιχα. Οι Kyrgana *et al.*, (1997) ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα των λιπαρών υλών δειγμάτων εκτρεφόμενης τσιπούρας (*Sparus aurata*) του Αιγαίου πελάγους ήταν 7,69%, ποσοστό σημαντικά υψηλότερο από τα δείγματα τα προερχόμενα από το φυσικό τους περιβάλλον (θάλασσα).

Πίνακας11. Επίδραση της περιόδου αλίευσης στη μέση σύσταση της τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Μήνας	Υγρασία %	Λίπος %	Τέφρα %	Πρωτεΐνες %
Μάρτιος	72,40±0,21 ^α	7,20±0,12 ^α	1,50±0,09 ^α	18,90±0,62 ^α
Απρίλιος	68,10±0,12 ^β	11,40±0,16 ^β	1,50±0,07 ^α	19,00±0,32 ^α
Μάιος	66,50±0,04 ^γ	13,10±0,07 ^γ	1,30±0,06 ^α	19,10±0,22 ^α

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια στήλη με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται η συσχέτιση της περιεκτικότητας σε λίπος με την περιεκτικότητα σε υγρασία της τσιπούρας. Μπορεί να παρατηρηθεί αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε λίπος και της περιεκτικότητας σε υγρασία. Η περιεκτικότητα σε λίπος και υγρασία παρουσιάζει διακυμάνσεις αναλόγως με την περιοχή αλίευσης.



Σχήμα 22. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε ολικό λίπος και υγρασία στη τσιπούρα (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

5.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο σύνολο των λιπαρών οξέων των αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Η κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος των αλιευμάτων καθορίζεται από την τροφή που είναι διαθέσιμη στα αλιεύματα και αυτό επηρεάζεται σημαντικά από τη γεωγραφική περιοχή όπου τα αλιεύματα ενδημούν, την εποχή του έτους και τις διακυμάνσεις που παρατηρούνται από χρόνο σε χρόνο. Ως αποτέλεσμα, η μέχρι σήμερα δημοσιευμένη πληροφόρηση για την ποιότητα και ποσότητα των λιπαρών οξέων των διαφορετικών ειδών αλιευμάτων ποικίλει τρομακτικά και δεν μπορεί να κωδικοποιηθεί.

Οι διαφορές στην κατανομή των λιπαρών οξέων μπορούν να εμφανιστούν από αλίευμα σε αλίευμα που προέρχεται από την ίδια παρτίδα, σε παρτίδες αλιευμάτων που αλιεύθηκαν από την ίδια περιοχή αλλά σε διαφορετική εποχή, σε παρτίδες που αλιεύθηκαν την ίδια εποχή αλλά από διαφορετικές περιοχές και ακόμη σε αλιεύματα που αλιεύθηκαν από την ίδια περιοχή και την ίδια ημερομηνία αλλά με διαφορά ενός ημερολογιακού έτους (Stansby, 1986).

5.3.1 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 12, το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (Σ SFA) κυμάνθηκε από 34,94% το μήνα Μάρτιο έως 38,00 % το μήνα Μάιο. Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 23,53% (Μάρτιο) έως 27,37% (Μάιο). Το δεύτερο σε ποσοστό κορεσμένο λιπαρό οξύ ήταν το C18:0, όπου το ποσοστό κυμάνθηκε από 4,48% (Μάρτιο) έως 4,17% (Μάιο).

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (Σ MUFA) κυμάνθηκε από 21,70% τον μήνα Μάρτιο έως 23,89% τον μήνα Μάιο. Σε αυτή την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1 ω -9, με ποσοστό που κυμάνθηκε από 10,67% τον Μάρτιο έως 15,37% τον Μάιο. Το σύνολο των πολυακόρεστων (Σ PUFA) κυμάνθηκε από 43,36% τον Μάρτιο έως 38,11% τον Μάιο.

Το ποσοστό του DHA(C22:6 ω -3) κυμάνθηκε από 17,78% τον μήνα Μάρτιο έως 16,44% τον μήνα Απρίλιο. Το ποσοστό του EPA (C20:5 ω -3) παρουσίασε μια μεταβολή από 16,55% τον Μάρτιο μειώθηκε στο 15,08% τον Μάιο. Οι τιμές του λόγου ω -3/ ω -6 των δειγμάτων κουτσομούρας κυμάνθηκαν από 9,20 έως 18,60 , δείχνοντας τη σημαντική επικράτηση των ω -3 λιπαρών οξέων.

Το σύνολο των λιπαρών οξέων DHA και EPA κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα, από 31,52% (Μάιο) έως 34,43% (Μάρτιο), δείχνοντας τη σημαντική διατροφική συμβολή του είδους.

Πίνακας 12. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	3.69±0.02	3.49±0.02	3.86±0.05
C14:1ω-5	0.61±0.05	0.41±0.02	0.44±0.03
C15:0	1.13±0.06	1.03±0.07	0.98±0.02
C15:1ω-7	0.62±0.02	0.72±0.05	0.54±0.01
C15:1ω-5	0.48±0.09	0.51±0.06	0.32±0.03
C16:0	23.53±0.04	25.18±0.01	27.37±0.02
C16:1ω-7	1.28±0.05	1.08±0.02	0.54±0.01
C16:1ω-5	0.56±0.01	0.36±0.03	0.22±0.01
C16:2ω-5	0.61±0.06	0.40±0.03	0.34±0.03
C17:0	1.01±0.03	0.74±0.01	0.65±0.06
C17:1ω-7	1.51±0.02	1.35±0.01	0.87±0.03
C17:1ω-5	0.34±0.04	0.45±0.01	0.33±0.02
C16:4ω-3	0.29±0.02	0.29±0.06	0.19±0.03
C18:0	4.48±0.06	4.48±0.09	4.17±0.02
C18:1ω-9	10.67±0.09	11.67±0.08	15.37±0.03
C18:1ω-7	4.16±0.01	3.67±0.02	3.17±0.05
C18:1ω-5	0.26±0.01	0.44±0.03	0.55±0.09
C18:2ω-6	1.79±0.02	1.45±0.03	0.88±0.06
CLA^a	0.26±0.05	0.31±0.01	0.23±0.03
C18:3ω-6	0.27±0.06	0.17±0.02	0.12±0.03
C18:4ω-3	0.99±0.03	1.01±0.03	0.89±0.04
C20:0	0.70±0.01	0.72±0.03	0.68±0.03
C20:1ω-11	0.25±0.01	0.24±0.01	0.32±0.01
C20:1ω-9	0.96±0.02	1.21±0.02	1.22±0.01
C20:2ω-9	0.80±0.01	0.83±0.02	0.56±0.02
C20:2ω-6	0.73±0.02	0.43±0.05	0.34±0.05
C22:0	0.40±0.01	0.32±0.07	0.29±0.03
C20:4ω-6	1.00±0.03	0.76±0.04	0.43±0.02
C20:4ω-3	0.21±0.01	0.56±0.01	0.66±0.02
C20:5ω-3	16.55±0.05	16.08±0.02	15.08±0.05
C22:4ω-3	0.65±0.01	0.56±0.02	0.44±0.02
C22:5ω-6	0.3±0.01	0.22±0.02	0.12±0.05
C22:6ω-3	17.78±0.02	17.44±0.06	16.44±0.02
Σύνολο	100	100	100
Σ SFA	34.94	35.96	38.00
Σ MUFA	21.70	22.11	23.89
Σ PUFA	43.36	41.93	38.11
Σ ω-3	37.60	37.36	35.09
Σ ω-6	4.09	3.03	1.89
ω-3 / ω-6	9.20	12.30	18.60
EPA+DHA	34.43	33.52	31.52

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση

^a CLA, συζευγμένο λινελαϊκό οξύ C18:2(c9, tr11), C18:2 (tr10, c12), C18:2 (tr7, c9).

ND Δεν ανιχνεύτηκε

Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) μελετώντας δείγματα κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) από το Αιγαίο πέλαγος ανακοίνωσαν ότι τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα ήταν σε μεγαλύτερο ποσοστό 50%, ακολούθησαν τα κορεσμένα λιπαρά οξέα σε ποσοστό 41% και σε ποσοστό μόνο 8% τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα επικρατέστερα λιπαρά οξέα ήταν το C16:0 σε ποσοστό 23%, το C18:1 ω -9 με ποσοστό 42% και το C18:0 με ποσοστό 14%.

5.3.2 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι μεταβολές στα λιπαρά οξέα σε δείγματα σκουμπριού, το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (Σ SFA) κυμάνθηκε από 33,10% το μήνα Μάρτιο έως 30,48 % το μήνα Μάιο. Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 23,89% (Μάρτιο) έως 21,54% (Μάιο). Το δεύτερο σε ποσοστό κορεσμένο λιπαρό οξύ ήταν το C18:0, όπου το ποσοστό κυμάνθηκε από 4,20% (Μάρτιο) έως 5,35% (Μάιο).

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (Σ MUFA) κυμάνθηκε από 15,78% τον μήνα Μάρτιο έως 18,94% τον μήνα Μάιο. Σε αυτή την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1 ω -9, με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,27% τον Μάρτιο έως 14,27% τον Μάιο. Το σύνολο των πολυακόρεστων (Σ PUFA) κυμάνθηκε από 51,12% τον Μάρτιο έως 50,58% τον Μάιο.

Το ποσοστό του DHA(C22:6 ω -3) κυμάνθηκε από 30,18% τον μήνα Μάρτιο έως 29,01% τον μήνα Μάιο. Το ποσοστό του EPA (C20:5 ω -3) παρουσίασε μια μεταβολή από 8,99% τον Μάρτιο μειώθηκε στο 8,17% τον Μάιο. Οι τιμές του λόγου ω -3/ ω -6 των δειγμάτων κουτσομούρας κυμάνθηκαν από 5,00 έως 6,70, δείχνοντας τη σημαντική επικράτηση των ω -3 λιπαρών οξέων.

Το σύνολο των λιπαρών οξέων DHA και EPA κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα, από 37,18% (Μάιο) έως 39,17% (Μάρτιο), δείχνοντας τη σημαντική διατροφική συμβολή του είδους.

Πίνακας 13. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	3,6±0,03	3,2±0,05	2,22±0,01
C14:1ω-5	0,38±0,01	0,28±0,02	ND
C15:0	1,13±0,03	0,93±0,03	0,86±0,02
C15:1ω-7	1,76±0,02	1,96±0,01	1,96±0,02
C15:1ω-5	0,59±0,04	0,49±0,04	0,36±0,05
C16:0	23,89±0,06	23,49±0,05	21,54±0,06
C16:3ω-3	0,52±0,09	0,42±0,02	0,38±0,02
C16:4ω-3	1,06±0,01	1,16±0,03	0,45±0,02
C18:0	4,2±0,06	4,8±0,06	5,35±0,08
C18:1ω-9	9,27±0,02	10,27±0,09	14,27±0,07
C18:2ω-6	2,23±0,02	2,53±0,08	3,33±0,04
CLA^a	0,25±0,02	0,15±0,07	0,57±0,05
C18:3ω-6	0,48±0,03	0,38±0,01	0,5±0,05
C18:3ω-3	0,53±0,05	0,23±0,01	0,23±0,05
C18:4ω-3	0,29±0,01	0,27±0,02	0,17±0,06
C20:1ω-9	1,73±0,05	1,83±0,02	0,25±0,02
C20:2ω-6	0,23±0,05	0,22±0,03	0,14±0,03
C22:0	0,28±0,04	0,29±0,01	0,51±0,01
C22:1ω-11	2,05±0,09	2,15±0,05	2,1±0,01
C20:4ω-6	2,65±0,08	2,85±0,6	1,92±0,01
C20:4ω-3	0,84±0,02	0,82±0,06	0,52±0,06
C20:5ω-3	8,99±0,1	8,49±0,04	8,17±0,02
C22:3ω-3	0,15±0,03	0,14±0,01	0,45±0,02
C22:4ω-3	0,13±0,04	0,12±0,02	0,5±0,02
C22:5ω-6	1,01±0,01	1,02±0,02	2,02±0,02
C22:5ω-3	1,58±0,06	1,48±0,06	1,17±0,01
C22:6ω-3	30,18±0,05	30,03±0,09	29,01±0,01
Σύνολο	100	100	100
Σ SFA	33,10	32,71	30,48
Σ MUFA	15,78	16,98	18,94
Σ PUFA	51,12	50,31	50,58
Σ ω-3	44,27	43,16	41,65
Σ ω-6	6,60	7,00	8,36
ω-3 / ω-6	6,70	6,20	5,00
EPA+DHA	39,17	38,52	37,18

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

^a CLA, συζευγμένο λινελαϊκό οξύ C18:2(c9, tr11), C18:2 (tr10, c12), C18:2 (tr7, c9).

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Οι Ozogul *et al.*, (2007) μελετώντας δείγματα σκουμπριού που αλιεύτηκαν από την περιοχή της Τουρκίας Cukurova, ανακοίνωσαν ότι τα συνολικά κορεσμένα λιπαρά οξέα βρέθηκαν σε ποσοστό 25,9%, το σύνολο των μονοακόρεστων σε ποσοστό 14,3% και των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε ποσοστό της τάξης του 48,2%. Ανάλογα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν από τους Imre and Saglik, (1998) σε δείγματα σκουμπριού από την Κωνσταντινούπολη τον μήνα Απρίλιο, τα συνολικά κορεσμένα λιπαρά οξέα ήταν 33,4%, τα μονοακόρεστα 32,2% και τα πολυακόρεστα 33,7%.

Ο Ackman, (1980) ανακοίνωσε για το σκουμπρί (*Scomber scombrus*), ότι τα κορεσμένα λιπαρά οξέα ανιχνεύθηκαν σε ποσοστό 29,6%, τα μονοακόρεστα σε ποσοστό 43,1% και τα πολυακόρεστα σε ποσοστό 25,3%.

Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) ανακοίνωσαν ότι το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό 25%, παρόμοια αποτελέσματα ανακοινώθηκαν από τους Ozogul *et al.*, (2007) για το σκουμπρί με ποσοστό 14,5%, από τον Ackman, (1980) με ποσοστό 17%, και από τον Steffens, (1997) με ποσοστό 28,2%. Παρόμοια είναι τα ποσοστά του C16:0 στη συγκεκριμένη εργασία. Οι Imre and Saglik, (1998) μελετώντας δείγματα σκουμπριού ανακοίνωσαν ότι το λιπαρό οξύ σε υψηλότερη περιεκτικότητα στο σύνολο των λιπαρών οξέων, ήταν το C16:0 (22%) και ακολούθησαν το C18:1ω-9 (21,5%), το EPA (5,8%) και το C18:0 (5,5%).

Οι Soriguer *et al.*, (1997) μελετώντας δείγματα σκουμπριού από την περιοχή της Ισπανίας αναφέρουν ότι την περίοδο της άνοιξης το σύνολο των ω-3 λιπαρών οξέων στο σύνολο των λιπαρών οξέων ήταν 38,27%, των ω-6 4,83%, των μονοακόρεστων 19,56% και τα κορεσμένων 31,73%. Την περίοδο του καλοκαιριού το σύνολο των ω-3 ήταν 26,22%, των ω-6 2,97%, των μονοακόρεστων 27,32% και των κορεσμένων 34,12%. Την περίοδο του φθινοπώρου το σύνολο των ω-3 ήταν 33,84%, των ω-6 3,99%, των μονοακόρεστων 16,72% και των κορεσμένων 32,59%. Την περίοδο του χειμώνα το σύνολο των ω-3 ήταν 14,44%, των ω-6 2,72%, των μονοακόρεστων 29,08% και των κορεσμένων 23,62%. Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας.

Από τα ανωτέρω αναδεικνύεται ότι για το συγκεκριμένο είδος η αστάθεια στην κατανομή των λιπαρών οξέων είναι σημαντική και επιβεβαιώνεται γενικότερα η σημαντική διακύμανση των λιπαρών οξέων όλων των ειδών στη διάρκεια του έτους.

5.3.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 14, το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (Σ SFA) κυμάνθηκε από 24,60% το μήνα Μάρτιο έως 31,48 % το μήνα Μάιο. Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 21,48% (Μάρτιο) έως 25,46% (Μάιο). Το δεύτερο σε ποσοστό κορεσμένο λιπαρό οξύ ήταν το C18:0, αν και ανιχνεύτηκε σε μικρό ποσοστό, δηλαδή από 0,29% τον μήνα Μάρτιο έως 1,56% τον μήνα Μάιο.

Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (Σ MUFA) ανιχνεύτηκαν σε ποσοστό από 14,15% για τον Μάρτιο και 16,58% για τον Μάιο. Το κυριότερο μονοακόρεστο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1 ω -9, με ποσοστό που κυμάνθηκε από 5,86% τον μήνα Μάρτιο έως 9,88% τον μήνα Μάιο. Το σύνολο των πολυακόρεστων (Σ PUFA) κυμάνθηκε από 61,25% τον Μάρτιο και μειώθηκε σε ποσοστό σε 51,94% τον μήνα Μάιο.

Το ποσοστό του DHA(C22:6 ω -3) κυμάνθηκε από 23,51% τον μήνα Μάρτιο έως 21,51% τον μήνα Μάιο. Το ποσοστό του EPA (C20:5 ω -3) παρουσίασε μια μεταβολή από 19,51% τον μήνα Μάρτιο μειώθηκε στο 17,51% τον μήνα Μάιο. Οι τιμές του λόγου ω -3/ ω -6 των δειγμάτων χταποδιού κυμάνθηκαν από 5,70 έως 9,60, δείχνοντας τη σημαντική επικράτηση των ω -3 λιπαρών οξέων.

Το σύνολο των λιπαρών οξέων DHA και EPA κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα, από 43,02% (Μάιο) έως 39,02% (Μάρτιο), δείχνοντας τη σημαντική διατροφική συμβολή του είδους.

Πίνακας 14. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	1,79±0,02	1,95±0,05	3,15±0,01
C15:0	0,62±0,03	0,65±0,02	0,69±0,01
C15:1ω-7	2,57±0,05	1,43±0,01	0,98±0,02
C15:1ω-5	1,24±0,06	1,09±0,04	1,03±0,05
C16:0	21,48±0,02	23,46±0,02	25,46±0,02
C16:4ω-3	5,22±0,03	4,12±0,04	3,89±0,03
C18:0	0,29±0,02	0,87±0,04	1,56±0,05
C18:1ω-9	5,86±0,08	8,97±0,05	9,88±0,04
C18:2ω-6	0,37±0,09	0,23±0,06	0,22±0,08
C18:3ω-6	0,13±0,07	0,11±0,02	0,09±0,03
C18:4ω-3	0,25±0,04	0,35±0,03	0,42±0,06
C20:1ω-11	0,08±0,05	0,09±0,04	0,08±0,01
C20:1ω-9	3,67±0,02	4,45±0,05	3,37±0,02
C20:2ω-6	0,27±0,01	0,23±0,06	0,22±0,05
C22:0	0,42±0,03	0,52±0,01	0,62±0,05
C20:4ω-6	7,66±0,04	6,12±0,01	3,84±0,04
C20:4ω-3	0,49±0,01	0,53±0,01	0,64±0,06
C20:5ω-3	19,51±0,01	18,11±0,02	17,51±0,05
C22:1ω-11	0,31±0,02	0,41±0,03	0,65±0,01
C22:1ω-9	0,42±0,02	0,53±0,04	0,59±0,02
C22:3ω-6	0,21±0,01	0,11±0,02	0,19±0,03
C22:3ω-3	0,22±0,01	0,25±0,02	0,33±0,04
C22:4ω-3	1,01±0,06	1,22±0,03	1,11±0,01
C22:5ω-6	0,56±0,01	0,36±0,07	0,32±0,01
C22:5ω-3	1,84±0,03	1,76±0,01	1,65±0,02
C22:6ω-3	23,51±0,05	22,08±0,09	21,51±0,01
Σύνολο	100	100	100
Σ SFA	24,60	27,45	31,48
Σ MUFA	14,45	16,97	16,58
Σ PUFA	61,25	55,58	51,94
Σ ω-3	52,05	48,42	47,06
Σ ω-6	9,20	7,16	4,88
ω-3 / ω-6	5,7	6,8	9,6
EPA+DHA	43,02	40,19	39,02

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

^a CLA, συζευγμένο λινελαϊκό οξύ C18:2(c9, tr11), C18:2 (tr10, c12), C18:2 (tr7, c9).

Οι Vaz-Pirez and Barbosa (2004) μελετώντας χταπόδια (*Octopus vulgaris*) από τη Βόρεια Πορτογαλία ανακοίνωσαν ότι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα ανιχνεύτηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό 58,60%, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα σε ποσοστό 25,90%, ενώ τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε ποσοστό 15,54%. Τα κυριότερα λιπαρά οξέα ήταν το C22:6 ω -3 με ποσοστό 26,32%, το C20:5 ω -3 με ποσοστό 20,08% και το C16:0 με ποσοστό 15,86%.

Οι Ozogul *et al.*, (2008) μελετώντας δείγματα χταποδιού από την ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα κατά τις εποχές Άνοιξη, Φθινόπωρο, Χειμώνα ανακοίνωσαν ότι τα κορεσμένα λιπαρά οξέα ανιχνεύτηκαν σε ποσοστό 28,18-35,28%, τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα ήταν σε ποσοστό 4,36-9,47% και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα κυμάνθησαν από 43,58-56,55%. Τα επικρατέστερα λιπαρά οξέα ήταν το C22:6 ω -3(DHA) με ποσοστό 20,99-39%, το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό 15,53-25,20% και το C20:5 ω -3 (EPA) με ποσοστό 7,86-16,97%. Η μελέτη έδειξε ότι αυτό το είδος χταποδιού είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες και σε ω -3 λιπαρά οξέα.

Οι Sieiro *et al.*, (2006) μελετώντας δείγματα χταποδιού γένους θηλυκού (*Octopus vulgaris*) από τη Νοτιοδυτική Ισπανία ανακοίνωσαν για την εποχή της Άνοιξης ότι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα ήταν σε μεγαλύτερο ποσοστό 51,33%, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα ήταν σε ποσοστό 33,1% ενώ τη μικρότερη συγκέντρωση παρουσίασαν τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα 14,02%. Τα κυριότερα λιπαρά οξέα ήταν το C22:6 ω -3 με ποσοστό 25,62%, το C16:0 με ποσοστό 18,26% και το C20:5 ω -3 με ποσοστό 18%. Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας.

5.3.4 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων τσιπούρας (*Sparus Aurata*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Οι μεταβολές των λιπαρών οξέων σε δείγματα τσιπούρας παρουσιάζονται στον Πίνακα 15. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 15 το κυριότερο κορεσμένο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 το οποίο εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό τον μήνα Μάιο (27,98%) και χαμηλότερο ποσοστό τον μήνα Μάρτιο (24,65%). Ενώ το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (Σ SFA) κυμάνθηκε από 32,90% το μήνα Μάρτιο έως 37,22 % το μήνα Μάιο Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (Σ MUFA) κυμάνθηκε από 30,46% το μήνα Μάιο έως 29,28% το μήνα Απρίλιο. Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Σ PUFA) εμφάνισε το μεγαλύτερο ποσοστό το μήνα Μάρτιο (36,78%) παρουσιάζοντας διακύμανση της τάξης του 4,46%. Το ποσοστό DHA (C22:6 ω -3) παρουσίασε την υψηλότερη τιμή το μήνα Μάρτιο 12,84% και την χαμηλότερη τιμή το μήνα Μάιο 10,72%, ενώ το ποσοστό EPA (C20:5 ω -3) κυμάνθηκε από 7,97% έως 7,09% τους μήνες Μάρτιο και Μάιο αντίστοιχα. Η τιμή του λόγου ω -3/ ω -6 παρέμεινε σχεδόν σταθερή (2,8 με 2,3). Το σύνολο των λιπαρών οξέων DHA και EPA κυμάνθηκε από 20,81% (Μάρτιο) έως 17,81% (Μάιο).

Πίνακας 15 . Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	3.19±0.02	3.33±0.03	3.45±0.01
C15:0	0.69±0.03	0.71±0.02	0.75±0.02
C15:1ω-7	0.59±0.06	0.44±0.06	0.39±0.05
C15:1ω-5	2.93±0.04	1.93±0.05	1.34±0.04
C16:0	24.65±0.02	26.65±0.08	27.98±0.03
C16:4ω-3	0.61±0.01	0.52±0.04	0.46±0.02
C18:0	2.17±0.02	3.57±0.02	2.98±0.02
C18:1ω-9	18.21±0.01	21.21±0.01	24.18±0.06
C18:1ω-7	1.17±0.03	0.76±0.01	0.65±0.02
C18:2ω-6	7.76±0.02	7.96±0.02	8.85±0.02
C18:3ω-3	0.22±0.06	0.23±0.01	0.21±0.01
C20:1ω-9	4.26±0.08	3.18±0.02	2.34±0.01
C20:2ω-6	0.26±0.09	0.25±0.05	0.16±0.03
C20:3ω-6	0.3±0.01	0.22±0.03	0.19±0.04
C22:0	2.2±0.01	1.97±0.04	2.06±0.09
C20:3ω-3	0.85±0.02	0.66±0.08	0.89±0.04
C20:4ω-6	0.92±0.03	1.65±0.02	0.43±0.05
C20:4ω-3	0.95±0.06	0.92±0.03	0.91±0.06
C20:5ω-3	7.97±0.05	7.49±0.04	7.09±0.02
C22:1ω-11	2.43±0.04	1.43±0.02	1.28±0.07
C22:1ω-9	0.73±0.02	0.33±0.01	0.28±0.01
C22:3ω-6	0.34±0.03	0.14±0.02	0.09±0.07
C22:3ω-3	0.51±0.01	0.56±0.02	0.48±0.05
C22:4ω-3	0.18±0.05	0.17±0.03	0.19±0.01
C22:5ω-6	0.17±0.08	0.11±0.02	0.09±0.02
C22:5ω-3	2.9±0.04	2.12±0.04	1.56±0.02
C22:6ω-3	12.84±0.07	11.49±0.08	10.72±0.08
Σύνολο	100	100	100
Σ SFA	32.90	36.23	37.22
Σ MUFA	30.32	29.28	30.46
Σ PUFA	36.78	34.49	32.32
Σ ω-3	27.03	24.16	22.51
Σ ω-6	9.75	10.33	9.81
ω-3 / ω-6	2.8	2.3	2.3
EPA+DHA	20.81	18.98	17.81

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

^a CLA, συζευγμένο λινελαϊκό οξύ C18:2(c9, tr11), C18:2 (tr10, c12), C18:2 (tr7, c9).

Οι Grigorakis et al., (2002) ανακοίνωσαν ότι δείγματα εκτρεφόμενης τσιπούρας (*Sparus aurata*) από τον Αργοσαρωνικό Κόλπο το μήνα Νοέμβριο εμφάνισαν σε υψηλά ποσοστά το C18:1ω-9 (25,21%), το C16:0 (19,05%) και το C22:6ω-3 (12,67%). Σε χαμηλότερα ποσοστά ανιχνεύτηκαν τα C18:2ω-6 (9%), C20:5ω-3 (5,71%), C14:0 (4,35%), C16:1ω-7 (4,24%) και C18:0 (4,05%). Τα ω-3 λιπαρά οξέα ανιχνεύτηκαν σε ποσοστό 22,84%, ενώ η αναλογία ω-3/ω-6 ήταν 1,92. Επίσης οι Grigorakis et al., (2002) μελέτησαν δείγματα θαλάσσιας τσιπούρας (*Sparus aurata*) από τον Αργοσαρωνικό κόλπο το μήνα Νοέμβριο και ανακοίνωσαν ότι εμφάνισαν υψηλά ποσοστά C16:0 (23,62%), C22:6ω-3 (17,61%), και C18:1ω-9 (16,06%). Σε χαμηλότερα ποσοστά εμφανίστηκαν το C18:0 (7,21%), το C20:5ω-3 (6,96%), το C16:1ω-7 (6,91%), το C20:4ω-6 (5,85%), το C14:0 (2,89%) και το C18:2ω-6 (1,03%). Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα ανιχνεύτηκαν σε ποσοστό 34,49%, τα ω-3 λιπαρά οξέα 28,68%, ενώ η αναλογία ω-3/ω-6 ήταν 3,09.

Ο Ozyurt (2005) μελετώντας τσιπούρα (*Sparus aurata*) ελεγχόμενης εκτροφής από τις ανατολικές ακτές της Μεσογείου ανακοίνωσε ότι τα ποσοστά του C18:1ω-9 κυμάνθηκαν από 13,70 έως 20,41%, του C16:0 από 15,73 έως 20,82 %, του C22:6ω-3 από 7,07 έως 15,37% και του C18:2ω-6 από 0,84 έως 7,15%. Σε χαμηλότερα ποσοστά ανιχνεύτηκαν το C20:5ω-3 από 4,27 έως 5,42%, το C18:0 από 3,32 έως 6,42%, το C14:0 από 2,64 έως 4,64%, το C16:1ω-7 από 6,22 έως 7,71% και το C18:2ω-6 από 0,8 έως 7,15%.

Οι Ozogul et al., (2007) μελετώντας δείγματα τσιπούρας (*Sparus aurata*) ελεγχόμενης εκτροφής από τις ακτές της Τουρκίας ανακοίνωσαν ότι τα ποσοστά του C18:1ω-9 ήταν 20%, του C22:6ω-3 ήταν 17,4%, του C16:0 ήταν 16,1%, του C18:2ω-6 ήταν 7,46%, του C16:1ω-7 ήταν 7,25% και του C20:5ω-3 ήταν 6,77%. Σε χαμηλότερα ποσοστά ανιχνεύτηκαν το C14:0, το C18:0 και το C18:3ω-3. Το ποσοστό των κορεσμένων λιπαρών οξέων ήταν 25,5% και των πολυακόρεστων 34,5%. Τα ω-3 λιπαρά οξέα ανιχνεύτηκαν σε ποσοστό 26,2%, ενώ η αναλογία ω-6/ω-3 ήταν 0,31.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας είναι ανάλογα με αυτά που ανακοινώθηκαν από άλλους ερευνητές. Η παρατηρούμενη διακύμανση ως προς τα ω-6 λιπαρά οξέα δείχνει τη διαφορετικότητα εκτροφής του είδους, όπου δηλαδή το ποσοστό των ω-6 λιπαρών οξέων είναι ιδιαίτερα υψηλό η εκτροφή του είδους αποτελείται κυρίως από φυτικά έλαια, ενώ το αντίθετο συμβαίνει (χαμηλότερο ποσοστό ω-6 και υψηλότερο ω-3 λιπαρών οξέων) όταν στην τροφή περιέχονται λιπαρές ύλες αλιευμάτων.

5.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα των αλιευμάτων κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων έχουν ευεργετική δράση για τον ανθρώπινο οργανισμό και συμβάλουν σημαντικά στην καλή υγεία του καταναλωτή.

Οι ευεργετικές ιδιότητες των λιπαρών υλών των αλιευμάτων οφείλονται στα περιεχόμενα λιπαρά τους οξέα, των οποίων η περιεκτικότητά τους, ως μεταβαλλόμενη, καλό είναι να ελέγχεται (Aggelousis and Lazos, 1991; Osman *et al.*, 2001; Gokce *et al.*, 2004).

5.4.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Από τα αποτελέσματα του ποσοτικού προσδιορισμού των λιπαρών οξέων (Πίνακας 16) στη σάρκα της κουτσομούρας προκύπτει ότι το λιπαρό οξύ με την υψηλότερη περιεκτικότητα είναι το C16:0 το οποίο κυμάνθηκε από 1,24 έως 2,19g/100g εδώδιμης σάρκας. Η περιεκτικότητα σε DHA κυμάνθηκε από 0,94 έως 1,31g/100g εδώδιμης σάρκας, τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα σε EPA κυμάνθηκε από 0,87 έως 1,20g/100g εδώδιμης σάρκας τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ανάλογα με την περιεκτικότητα σε λίπος στα δείγματα της κουτσομούρας.

Πίνακας 16. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (g/100g εδώδιμης σάρκας) της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	0,19±0,02	0,22±0,03	0,31±0,04
C16:0	1,24±0,03	1,58±0,02	2,19±0,06
C18:0	0,24±0,06	0,28±0,02	0,33±0,05
C18:1ω-9	0,56±0,01	0,73±0,04	1,23±0,05
C18:2ω-6	0,09±0,01	0,09±0,01	0,07±0,02
C18:4ω-3	0,05±0,00	0,06±0,01	0,07±0,01
C20:1ω-9	0,05±0,01	0,07±0,01	0,1±0,03
C20:4ω-6	0,05±0,01	0,04±0,02	0,03±0,01
C20:5ω-3	0,87±0,02	1,01±0,05	1,20±0,04
C22:6ω-3	0,94±0,05	1,10±0,06	1,31±0,09

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

Οι Domingo *et al.*, (2007) εξέτασαν δείγματα κουτσομούρας από την περιοχή της Καταλονίας της Ισπανίας, την περίοδο Μάρτιος - Απρίλιος. Ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων EPA και DHA ήταν 0,44g/100g και 0,27g/100g σάρκας, αντίστοιχα.

5.4.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των λιπαρών οξέων στη σάρκα του σκουμπριού φαίνεται στον Πίνακα 17. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 17, το λιπαρό οξύ με την υψηλότερη περιεκτικότητα τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο ήταν το C16:0 και κυμάνθηκε από 0,24 έως 0,51g/100g εδώδιμης σάρκας. Το λιπαρό οξύ C18:1ω-9 του οποίου η περιεκτικότητα κυμάνθηκε από 0,09 έως 0,33g/100g εδώδιμης σάρκας. Η περιεκτικότητα του EPA κυμάνθηκε από 0,091 έως 1,20g/100g εδώδιμης σάρκας, τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα του λιπαρού οξέος DHA κυμάνθηκε από 0,94 έως 0,19g/100g εδώδιμης σάρκας τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα σε EPA και DHA στα είδη αυτά των αλιευμάτων είναι αντίστοιχη με το ποσοστό λίπους που ανιχνεύτηκε.

Πίνακας 17. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (g/100g εδώδιμης σάρκας) του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	0,04±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01
C16:0	0,24±0,007	0,28±0,006	0,51±0,004
C18:0	0,04±0,002	0,05±0,01	0,13±0,01
C18:1ω-9	0,09±0,01	0,12±0,02	0,33±0,02
C18:2ω-6	0,022±0,004	0,03±0,008	0,08±0,01
C18:4ω-3	ND	ND	ND
C20:1ω-9	0,017±0,002	0,021±0,008	0,01±0,00
C20:4ω-6	0,03±0,01	0,03±0,01	0,05±0,01
C20:5ω-3	0,091±0,02	0,10±0,05	1,20±0,04
C22:6ω-3	0,94±0,01	0,10±0,01	0,19±0,01

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.
ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Παρόμοια αποτελέσματα για το μήνα Δεκέμβριο ανακοίνωσαν οι Saglik and Imre, (2001) σε μελέτη τους σε σκουμπρί (*Scomber scombrus*) με ολικό λίπος 10.22% από την Κωνσταντινούπολη κατά το μήνα Νοέμβριο. Η περιεκτικότητα του EPA ήταν 0.36g/100g, του DHA 0.65g/100g, του C16:0 1.77g/100g και του C18:1ω-9 0.99g/100g εδώδιμης σάρκας. Το σύνολο των πολυακόρεστων ω-3 λιπαρών οξέων ήταν 1.57g/100g και των ω-6 0.27g/100g εδώδιμης σάρκας, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα 3.01g/100g και τα μονοακόρεστα 4.17g/100g εδώδιμης σάρκας.

Οι Domingo *et al.*, (2007) εξέτασαν δείγματα σκουμπριού από την περιοχή της Καταλονίας της Ισπανίας, την περίοδο Μάρτιος- Απρίλιος. Ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων EPA και DHA ήταν 0.45g/100g και 0.39g/100g εδώδιμης σάρκας, αντίστοιχα.

Οι Kotb and Hadeed, (1991) μελετώντας δείγματα σκουμπριού (*Scomber Scomber*) με ολικό λίπος 1.6%, από τον κόλπο της Αραβίας, κατά την περίοδο από τα μέσα Οκτωβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου (η θερμοκρασία του νερού στον κόλπο της Αραβίας είναι 15°C, δηλαδή θερμά νερά), διαπίστωσαν ότι τα λιπαρά οξέα με τη υψηλότερη περιεκτικότητα ήταν το C16:0 (0.26g/100g εδώδιμης σάρκας), DHA (0.20g/100g εδώδιμης σάρκας), C18:1ω-9 (0.19g/100g εδώδιμης σάρκας), C18:0 (0.10g/100g εδώδιμης σάρκας) και EPA (0.05g/100g εδώδιμης σάρκας).

Οι Imre and Saglik, (1998) σε μελέτη τους σε δείγματα σκουμπριού τον μήνα Απρίλιο βρήκαν περιεκτικότητα σε EPA 0.29g/100g εδώδιμης σάρκας, DHA 0.87g/100g εδώδιμης σάρκας και συνολικά ω-3 λιπαρά οξέα 1.35g/100g εδώδιμης σάρκας.

Από τα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο είδος προκύπτει ότι όλοι οι μήνες μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλοι για την κατανάλωσή του, η περιεκτικότητα των EPA και DHA διατηρείται υψηλή σε όλη τη διάρκεια του έτους.

5.4.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Στον Πίνακα 18 παρουσιάστηκε η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα σε δείγματα χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν. Από τον Πίνακα 18 παρατηρήθηκε ότι η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα ήταν σχετικά χαμηλή και αυτό οφείλεται στη χαμηλή περιεκτικότητα του λίπους στο χταπόδι. Από τα αποτελέσματα του ποσοτικού προσδιορισμού των λιπαρών οξέων (Πίνακας 18) στη σάρκα του χταποδιού δεν εμφανιστήκαν σημαντικές ποσότητες λιπαρών οξέων. Η περιεκτικότητα σε DHA κυμάνθηκε από 0,07 έως 0,28g/100g εδώδιμης σάρκας, τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα σε EPA κυμάνθηκε από 0,066 έως 0,19g/100g εδώδιμης σάρκας τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, αντίστοιχα.

Λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος η περιεκτικότητα σε EPA και DHA στα είδη αυτά των αλιευμάτων είναι χαμηλή.

Πίνακας 18. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (g/100g εδώδιμης σάρκας) οξέα του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	0,006±0,00	0,01±0,001	0,03±0,005
C16:0	0,07±0,007	0,16±0,001	0,28±0,001
C18:0	ND	ND	0,02±0,005
C18:1ω-9	0,02±0,002	0,06±0,01	0,11±0,01
C18:2ω-6	ND	ND	ND
C18:4ω-3	ND	ND	ND
C20:1ω-9	0,012±0,00	0,03±0,008	0,04±0,005
C20:4ω-6	0,02±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01
C20:5ω-3	0,066±0,02	0,12±0,05	0,19±0,04
C22:6ω-3	0,07±0,005	0,15±0,04	0,28±0,05

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.
ND Δεν ανιχνεύτηκε.

5.4.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα της τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Στον Πίνακα 19 φαίνεται ο ποσοτικός προσδιορισμός των λιπαρών οξέων (g του κάθε λιπαρού οξέος στα 100g εδώδιμου ιστού) των δειγμάτων τσιπούρας (*Sparus aurata*) ελεγχόμενης εκτροφής για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 19 σε υψηλότερες ποσότητες προσδιορίστηκαν το C18:1ω-9 και το C16:0, που κυμάνθηκαν από 1,11 έως 2,69g/100g εδώδιμου ιστού και από 1,50 έως 3,12 g/100g εδώδιμου ιστού αντίστοιχα. Ακολούθησαν το C22:6ω-3, του οποίου η ποσότητα κυμάνθηκε από 0,78 έως 1,20g/100g εδώδιμου ιστού, το C20:5ω-3, του οποίου η ποσότητα παρέμεινε σταθερή γύρω στα 0,18g/100g εδώδιμου ιστού. Το C14:0 από 0,20 έως 0,38g/100g εδώδιμου ιστού. Οι συγκεντρώσεις όλων των λιπαρών οξέων ήταν σημαντικά αυξημένες, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των λιπαρών υλών στα δείγματα της τσιπούρας.

Πίνακας 19. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (g/100g εδάδιμης σάρκας) της τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Λιπαρά οξέα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
C14:0	0,20±0,04	0,32±0,07	0,38±0,05
C16:0	1,50±0,09	2,58±0,05	3,12±0,06
C18:0	0,13±0,09	0,35±0,02	0,33±0,04
C18:1ω-9	1,11±0,04	2,06±0,04	2,69±0,05
C18:2ω-6	0,47±0,04	0,77±0,04	0,98±0,05
C20:1ω-9	0,26±0,01	0,31±0,04	0,26±0,03
C20:4ω-6	0,02±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01
C20:5ω-3	0,18±0,06	0,20±0,05	0,17±0,04
C22:6ω-3	0,78±0,05	1,11±0,09	1,20±0,05

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.
ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Οι Rodriguez *et al.*, μελετώντας τη σύσταση στα λιπαρά οξέα της τσιπούρας ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα του EPA κυμάνθηκε από 0,3-0,1/100g, του DHA από 0,5-1,7g/100g και του C16:0 1.2-2,0g/100g. Το σύνολο των πολυακόρεστων ω-3 λιπαρών οξέων ήταν 0,1g/100g και των ω-6 0.7g/100g εδάδιμης σάρκας, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα 2,5g/100g και τα μονοακόρεστα 7,1 g/100g εδάδιμης σάρκας. Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα και της συγκεκριμένης εργασίας.

5.5 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των αλιευμάτων σε χοληστερόλη είναι σημαντικό να μελετηθεί για να διαπιστωθεί και να επιβεβαιωθεί η χαμηλή περιεκτικότητά τους και η σημαντική συμβολή τους στην ανθρώπινη διατροφή (Kinsella *et al.*, 1977; Imre and Salik, 1998; Osman *et al.*, 2001).

5.5.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα δείγματα κουτσομούρας επηρεάστηκε σημαντικά από την περίοδο αλίευσης όπως φαίνεται στον Πίνακα 20.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 20, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (121,00mg/100g εδώδιμης σάρκας), διαπιστώθηκε την περίοδο του Απριλίου και η χαμηλότερη την περίοδο του Μαΐου (43,75mg/100g εδώδιμης σάρκας).

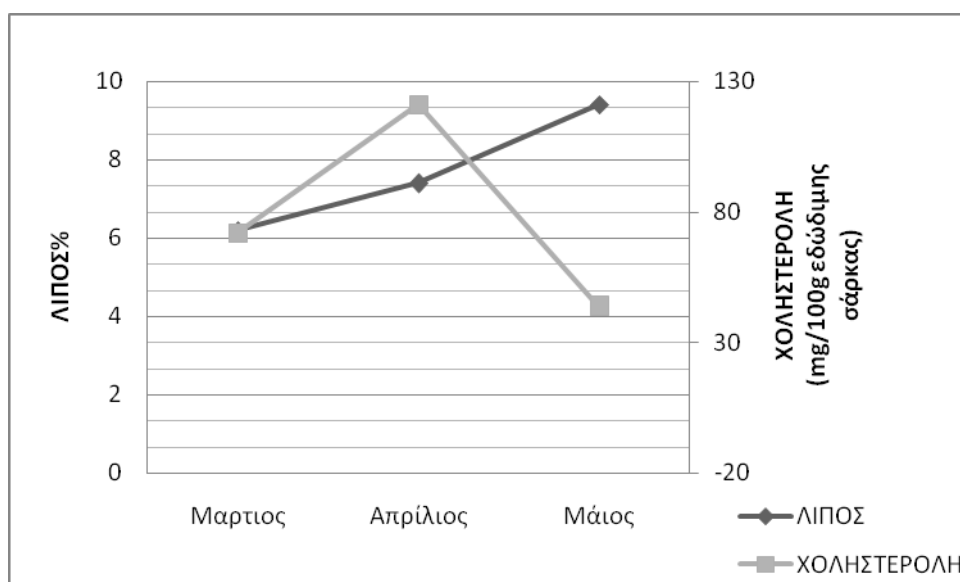
Πίνακας 20. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Μήνες	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Χοληστερόλη (mg/100g εδώδιμης σάρκας)	72,00±1,41 ^α	121,00±7,07 ^β	43,75±1,77 ^γ

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) μελετώντας δείγματα κουτσομούρας από την περιοχή του Αιγαίου ανακοίνωσαν περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της τάξης των 78mg/100g εδώδιμης σάρκας.

Στο Σχήμα 22 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη και της περιεκτικότητας σε λίπος σε δείγματα κουτσομούρας. Από το Σχήμα 22 μπορεί να παρατηρηθεί ότι κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο οι τιμές και των δύο συστατικών παρουσιάζουν την ίδια αυξητική τάση, ωστόσο αντίστροφη είναι η συσχέτιση που παρατηρήθηκε για τους μήνες Απρίλιο – Μάιο. Αύξηση δηλαδή της περιεκτικότητας σε λίπος οδήγησε σε μείωση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη.



Σχήμα 22. Συσχέτιση λίπους-χοληστερόλης στα δείγματα κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

5.5.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του σκουμπριού (*Scomber Scombrus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα δείγματα σκουμπριού επηρεάστηκε σημαντικά από την περίοδο αλιείας όπως φαίνεται στον Πίνακα 21, ωστόσο η περιεκτικότητα παρέμεινε χαμηλή σε όλες τις μετρήσεις.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 21, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (62,00mg/100g εδώδιμης σάρκας), διαπιστώθηκε την περίοδο του Απριλίου και η χαμηλότερη την περίοδο του Μαΐου (38,00mg/100g εδώδιμης σάρκας).

Πίνακας 21. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της σκουμπριού (*Scomber Scombrus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Μήνες	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Χοληστερόλη (mg/100g εδώδιμης σάρκας)	49,50±6,36 ^α	62,00±1,41 ^β	38,00±1,41 ^γ

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

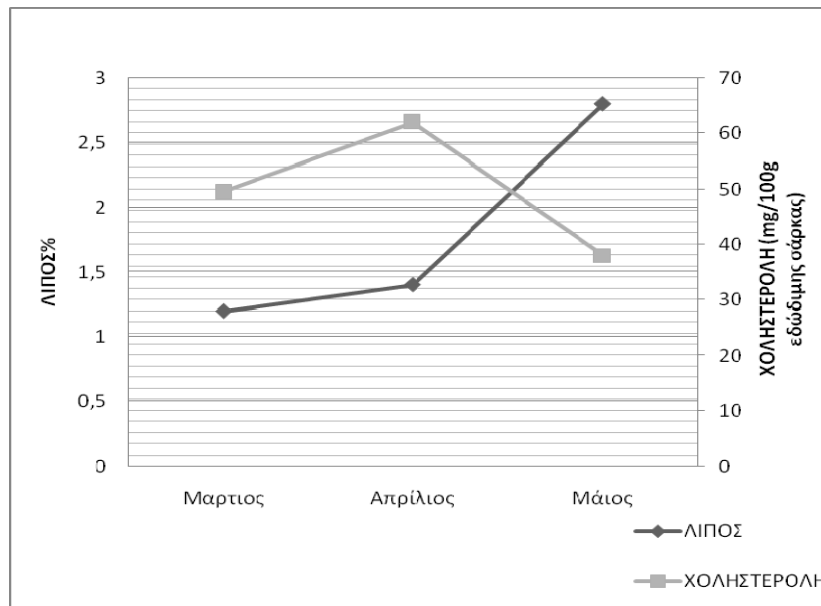
Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) μελετώντας δείγματα σκουμπριού από την περιοχή του Αιγαίου ανακοίνωσαν περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της τάξης των 74mg/100g εδώδιμης σάρκας. Οι Krzynowek *et al.*, (1989) μελετώντας τη σύσταση αλιευμάτων του βορειοδυτικού Ατλαντικού, αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) ήταν 49,5mg/100g τον Ιούλιο και 95,3mg/100g εδώδιμης σάρκας τον Ιούνιο.

Οι Krzynowek and Murphy, (1987) αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στο σκουμπρί (*Scomber scombrus*) ήταν 80mg/100g εδώδιμης σάρκας. Επίσης, οι Imre and Saglik, (1998) για το ίδιο είδος από την περιοχή της Κωνσταντινούπολης ανακοίνωσαν περιεκτικότητα σε χοληστερόλη για το μήνα Απρίλιο της τάξης των 63,4mg/100g εδώδιμης σάρκας.

Οι Osman *et al.*, (2001) μελετώντας σκουμπρί του είδους *Scomberomorus commersonii* από την περιοχή της Μαλαισίας, ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ήταν 41,1mg/100g εδώδιμης σάρκας.

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη των δειγμάτων σκουμπριού που εξετάστηκαν στη συγκεκριμένη εργασία ήταν ανάλογη με αυτή που ανακοινώθηκε και από τους ανωτέρω συγγραφείς.

Στο Σχήμα 23 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη και της περιεκτικότητας σε λίπος σε δείγματα σκουμπριού. Αντίστροφη είναι η συσχέτιση που μπορεί να παρατηρηθεί μεταξύ των δύο συστατικών. Η αύξηση δηλαδή της περιεκτικότητας σε λίπος προκάλεσε μείωση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη. Από το Σχήμα 23 μπορεί να παρατηρηθεί ότι κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο οι τιμές και των δύο συστατικών παρουσιάζουν την ίδια αυξητική τάση.



Σχήμα 23. Συσχέτιση λίπους-χοληστερόλης στα δείγματα σκουμπριού (*Scomber scombrus*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

5.5.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα δείγματα χταποδιού επηρεάστηκε σημαντικά από την περίοδο αλίευσης όπως φαίνεται στον Πίνακα 22. Μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 22 ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ήταν υψηλή σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη που εξετάστηκαν στη συγκεκριμένη εργασία.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 22, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (251,00mg/100g εδώδιμης σάρκας), διαπιστώθηκε την περίοδο του Μάρτιου και η χαμηλότερη την περίοδο του Απριλίου (180,50mg/100g εδώδιμης σάρκας).

Πίνακας 22. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Μήνες	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Χοληστερόλη (mg/100g εδώδιμης σάρκας)	251,00±12,30 ^α	180,50±6,36 ^β	199,50±7,78 ^γ

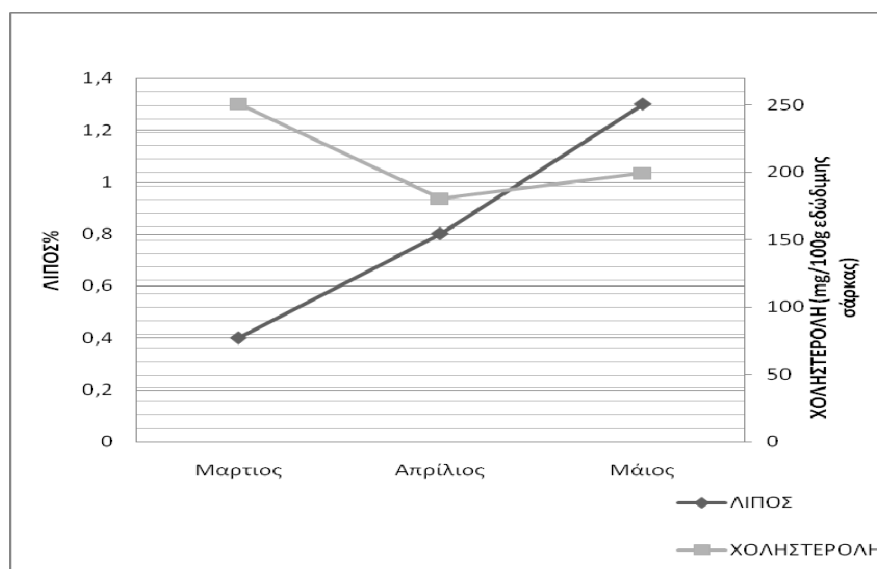
Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) μελετώντας δείγματα χταποδιού από την περιοχή του Αιγαίου ανακοίνωσαν περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της τάξης των 72mg/100g εδώδιμης σάρκας.

Οι Prato *et al.*, (2010) μελετώντας δείγματα χταποδιού που αλιεύτηκαν σε κόλπο στη Νότια Ιταλία ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ήταν 38,36% στο ολικό λίπος των χταποδιών.

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη των δειγμάτων χταποδιού ήταν υψηλή, παρέμεινε όμως χαμηλότερη από τα 300mg των καθημερινών απαιτήσεων του ανθρώπινου οργανισμού.

Στο Σχήμα 24 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη και της περιεκτικότητας σε λίπος σε δείγματα χταποδιού. Από το Σχήμα 24 μπορεί να παρατηρηθεί ότι δεν μπορεί να υπάρξει συσχέτιση μεταξύ λίπους και χοληστερόλης για το συγκεκριμένο είδος και κατά τους μήνες που μελετήθηκε.



Σχήμα 24. Συσχέτιση λίπους-χοληστερόλης στα δείγματα χταποδιού (*Octopus vulgaris*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

5.5.4 Μεταβολές στη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στη τσιπούρα (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Στον Πίνακα 23 φαίνεται η συγκέντρωση της χοληστερόλης (mg/100g εδώδιμης σάρκας) των δειγμάτων τσιπούρας (*Sparus aurata*) για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 23 η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (112,00mg/100g εδώδιμης σάρκας), διαπιστώθηκε την περίοδο του Μαΐου και η χαμηλότερη την περίοδο του Απριλίου (42,00mg/100g εδώδιμης σάρκας).

Πίνακας 23. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη της τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

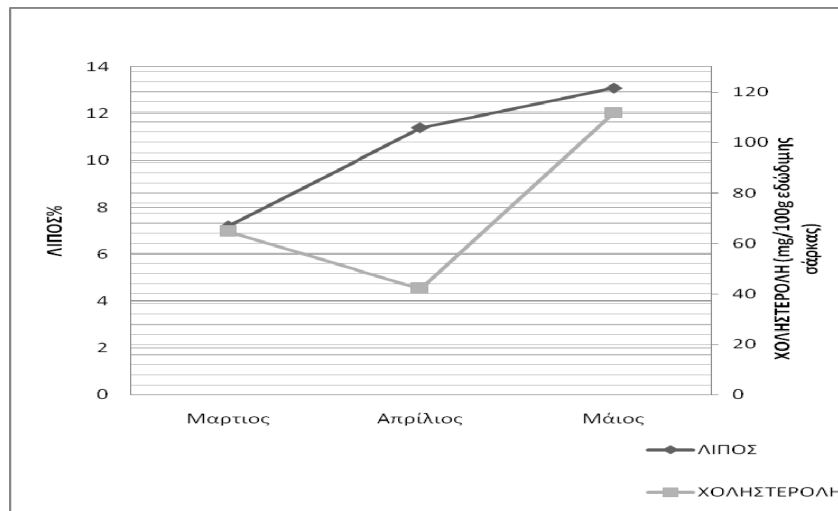
Μήνες	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Χοληστερόλη (mg/100g εδώδιμης σάρκας)	64,80±4,53 ^α	42,00±4,24 ^β	112,00±8,49 ^γ

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \geq 0,05$).

Οι Orban et al., (1997) μελετώντας δείγματα τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε δύο διαφορετικά συστήματα ελεγχόμενης εκτροφής από την περιοχή της Σικελίας, ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κυμάνθηκε από 63,5 έως 677mg/100g εδώδιμης σάρκας.

Από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση της χοληστερόλης του συγκεκριμένου είδους τσιπούρας υδατοκαλλιέργειας είναι ανάλογη. Η χαμηλή περιεκτικότητα της χοληστερόλης συνδυαστικά με τη ιδιαίτερα υψηλή ποσότητα των EPA και DHA καθιστούν την τσιπούρα υδατοκαλλιέργειας ένα τρόφιμο υψηλής διατροφικής αξίας. Η σημαντικότητα του είδους γίνεται ακόμη υψηλότερη εάν μάλιστα ληφθεί υπόψη και η χαμηλή εμπορική τιμή διακίνησης του συγκεκριμένου είδους.

Στο Σχήμα 25 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη και της περιεκτικότητας σε λίπος σε δείγματα τσιπούρας. Από το Σχήμα 25 μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι τιμές του λίπους έχουν αυξητική τάση, ενώ η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη παρουσιάζει αύξηση το μήνα Μάιο.



Σχήμα 25. Συσχέτιση λίπους-χοληστερόλης στα δείγματα τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

5.6 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Τα αλιεύματα συσσωρεύουν μέταλλα από τα οποία κάποια επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη τους, ενώ κάποια άλλα δεν επηρεάζουν τον οργανισμό τους, όταν αυτά βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Είναι σημαντική η μελέτη της περιεκτικότητας των αλιευμάτων σε μέταλλα, όπως και στα υπόλοιπα τρόφιμα, γιατί κάποια εξ αυτών έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό όταν συναντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Η περιεκτικότητα σε μέταλλα μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες που δεν μπορούν εύκολα να διαφοροποιηθούν (παράγραφος 2.3.3.3) (Uluturhan and Kucuksezgin, 2007; Oluozlu *et al.*, 2007).

5.6.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα της κουτσομούρας (*Mullus Barbatius*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 24, η περιεκτικότητα στα δείγματα της κουτσομούρας (*Mullus Barbatius*) σε Χαλκό κυμάνθηκε από 1,09 έως 1,31 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, σε Ψευδάργυρο από 10,31 έως 14,21mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, σε Αργίλιο από 5,57 έως 12,59 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού και σε Μόλυβδο από 1,72 έως 2,25 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, ενώ το μέταλλο κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύτηκε σε κανένα δείγμα κουτσομούρας. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 24 ότι η εφαρμογή των δύο μεθόδων δεν επηρέασε τα αποτελέσματα του Cu, Zn και Pb, αντίθετα διαπιστώθηκε ότι το Al μπορεί να ανιχνευθεί μόνο με την εφαρμογή της μεθόδου ξηρής αποτέφρωσης.

Πίνακας 24. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα (mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού) της κουτσομούρας (*Mullus barbatus barbatus*) με τη μέθοδο ξηρής αποτέφρωσης (οι τιμές εντός της παρένθεσης αφορούν τα αποτελέσματα της μεθόδου υγρής χώνευσης) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Μέταλλα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Cu	1,31±0,03 (1,23±0,02)	1,27±0,04 (1,13±0,01)	1,09±0,01 (1,16±0,01)
Zn	10,31 ±0,03 (10,40 ±0,05)	7,62±0,11 (10,45±0,32)	14,21±0,22 (9,84±0,06)
Al	5,57±0,04 (ND)	12,59±0,02 (ND)	8,05±0,02 (ND)
Pb	2,25±0,01 (1,93±0,01)	1,72±0,01 (1,96±0,02)	2,03±0,01 (1,91±0,01)
Cd	ND	ND	ND

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Οι Kucuksezgin *et al.*, (2011) μελετώντας φρέσκες κουτσομούρες που αλιεύτηκαν στο λιμάνι της Σμύρνης στη δυτική Τουρκία και από το Αιγαίο Πέλαγος ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε Κάδμιο ήταν 0,0001-0,01 και 0,01-0,03μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού, σε Χαλκό 0,178-0,568 και 0,290-1,560μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού, σε Ψευδάργυρο 2,157-3,771 και 3,150-5,200 μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού και σε Μόλυβδο 0,0026-0,0047 και 0,110-0,390μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού αντίστοιχα.

Οι Marijic and Raspor (2007) μελετώντας φρέσκα δείγματα κουτσομούρας (*Mullus Barbatus*) από την ανατολική Αδριατική Θάλασσα τους μήνες Οκτώβριο του 2002 και 2003 ανακοίνωσαν τις περιεκτικότητες σε Κάδμιο 0,008μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού, σε Ψευδάργυρο 1,88μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού και σε Χαλκό 0,3μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού.

Επίσης, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Catsiki and Strogvloudi (1999) σε δείγματα κουτσομούρας με χώρα προέλευσης την Ελλάδα στο διάστημα 1987-1997 ανιχνεύτηκαν οι παρακάτω περιεκτικότητες σε Χαλκό και Ψευδάργυρο στη σάρκα και στα βράγχια των συγκεκριμένων δειγμάτων. Ο Χαλκός ήταν 1,8 και 5,1 μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού και ο Ψευδάργυρος βρέθηκε 18 και 68 μg/g εδώδιμης σάρκας επί υγρού σε σάρκα και βράγχια αντίστοιχα.

Παρόμοια είναι η περιεκτικότητα σε κάδμιο που ανακοινώθηκε από τους Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, (2008) σε κουτσομούρα από την περιοχή της Καταλονίας στην Ισπανία και κυμαινόταν από 0.001–0.01mg/kg εδώδιμης σάρκας. Η περιεκτικότητα σε Μόλυβδο κυμαινόταν από 0.002–0.07mg/kg εδώδιμης σάρκας.

Από τα ανωτέρω επιβεβαιώνεται ότι η συσσώρευση μετάλλων στα αλιεύματα διαφοροποιείται σημαντικά αναλόγως την περιοχή αλίευσής τους.

5.6.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα του σκουμπριού (*Scomber Scombrus*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα σε δείγματα σκουμπριού (*Scomber Scombrus*) παρουσιάζονται στον Πίνακα 25. Ο Χαλκός κυμάνθηκε από 0,30 έως 0,62mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο. Ο Ψευδάργυρος κυμάνθηκε από 23,09 έως 14,83mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τους μήνες Μάιο και Μάρτιο αντίστοιχα. Το Αργίλιο κυμάνθηκε από 14,62 έως 146,98 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού και ο Μόλυβδος από 1,76 έως 2,04 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, ενώ το μέταλλο κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύτηκε σε κανένα δείγμα σκουμπριού.

Πίνακας 25. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα (mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού) του σκουμπριού (*Scomber scombrus*) με τη μέθοδο ξηρής αποτέφρωσης (οι τιμές εντός της παρένθεσης αφορούν τα αποτελέσματα της μεθόδου υγρής χώνευσης) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν

Μέταλλα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Cu	0,62±0,02 (0,48±0,01)	0,35±0,01 (0,19±0,01)	0,30±0,01 (0,23±0,01)
Zn	14,83 ±0,05 (22,89 ±0,02)	10,47±0,03 (15,40±0,03)	23,09±0,09 (23,48±0,21)
Al	14,62±0,06 (ND)	81,40±0,01 (ND)	146,98±0,02 (ND)
Pb	2,02±0,02 (1,89±0,02)	1,76±0,01 (1,79±0,01)	2,04±0,01 (2,06±0,01)
Cd	ND	ND	ND

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Οι Karakoltsidis *et al.*, (1995) μελετώντας δείγματα σκουμπριού από την περιοχή του Αιγαίου ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο ήταν 210mg/kg, σε σίδηρο 59mg/kg, σε ψευδάργυρο 19mg/kg, σε χαλκό 7mg/kg, σε μαγγάνιο 2mg/kg, σε νικέλιο 1mg/kg, σε χρώμιο 2mg/kg, σε κάδμιο 0.1mg/kg και σε κοβάλτιο 0.1mg/kg εδώδιμης σάρκας. Ανάλογες περιεκτικότητες σε μέταλλα παρατηρήθηκαν και στη συγκεκριμένη εργασία.

Η περιεκτικότητα σε κάδμιο που ανακοινώθηκε από τους Castro-Gonzalez and Mendez-Armenta, (2008) σε σκουμπρί από την περιοχή της Καταλονίας στην Ισπανία κυμαίνονταν από 0.003 έως 0.01mg/kg εδώδιμης σάρκας.

5.6.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα του χταποδιού (*Octopus Bulgaris*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα σε δείγματα χταποδιού (*Octopus vulgaris*) παρουσιάζονται στον Πίνακα 26. Ο Χαλκός κυμάνθηκε από 1,46 έως 5,53mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο. Ο Ψευδάργυρος είχε συγκέντρωση 20,14mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού το μήνα Μάρτιο, μειώθηκε σε 18,45mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού το μήνα Απρίλιο και αυξήθηκε στα 23,14mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τον μήνα Μάιο. Το Αργίλιο κυμάνθηκε σε συγκέντρωση 14,28 έως 21,08 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τον Απρίλιο και Μάιο αντίστοιχα και ο Μόλυβδος από 1,12 έως 1,95 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, ενώ το μέταλλο κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύτηκε σε κανένα δείγμα χταποδιού.

Πίνακας 26. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα (mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού) του χταποδιού (*Octopus vulgaris*) με τη μέθοδο ξηρής αποτέφρωσης (οι τιμές εντός της παρένθεσης αφορούν τα αποτελέσματα της μεθόδου υγρής χώνευσης) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Μέταλλα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Cu	1,46±0,01 (1,62±0,01)	5,53±0,08 (7,82±0,07)	2,62±0,03 (1,35±0,01)
Zn	20,14 ±0,05 (31,03±0,15)	18,45±0,04 (20,74±0,20)	23,14±0,02 (25,43±0,14)
Al	17,49±0,07 (ND)	14,28±0,04 (ND)	21,08±0,16 (ND)
Pb	1,12±0,01 (1,51±0,03)	1,54±0,03 (1,71±0,02)	1,95±0,01 (2,30±0,01)
Cd	ND	ND	ND

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Οι Vaz-Pires and Barbosa (2004) ανακοίνωσαν ότι σε δείγματα χταποδιού (*Octopus vulgaris*) από τη Βόρεια Πορτογαλία που μελετήθηκαν από το Σεπτέμβριο του 2000 μέχρι τον Δεκέμβριο του 2001, τα ποσοστά Καδμίου και Μολυβδου που ανιχνεύτηκαν ήταν 62μg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού και 51μg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, αντίστοιχα.

5.6.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα της τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο

Οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα σε δείγματα τσιπούρας (*Sparus aurata*) παρουσιάζονται στον Πίνακα 27. Ο Χαλκός κυμάνθηκε από 0,14 έως 0,55mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τους μήνες Μάρτιο και Μάιο. Ο Ψευδάργυρος κυμάνθηκε από 5,77 έως 7,60mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, αντίστοιχα. Το Αργίλιο κυμάνθηκε σε συγκέντρωση 35,27 έως 214,89 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού για τους μήνες Μάιο και Απρίλιο και ο Μόλυβδος από 1,68 έως 2,05 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, ενώ το μέταλλο κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύτηκε σε κανένα δείγμα τσιπούρας.

Πίνακας 27. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα (mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού) της τσιπούρας (*Sparus aurata*) με τη μέθοδο ξηρής αποτέφρωσης (οι τιμές εντός της παρένθεσης αφορούν τα αποτελέσματα της μεθόδου υγρής χώνευσης) κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

Μέταλλα	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Cu	0,14±0,02 (0,51±0,01)	0,54±0,01 (0,34±0,01)	0,55±0,01 (0,27±0,01)
Zn	5,77 ±0,11 (5,46 ±0,03)	7,60±0,29 (9,80±0,06)	6,79±0,15 (6,43±0,09)
Al	79,41±0,14 (ND)	214,89±0,02 (ND)	35,27±0,01 (ND)
Pb	1,68±0,02 (1,93±0,01)	1,80±0,02 (2,09±0,01)	2,05±0,02 (1,95±0,02)
Cd	ND	ND	ND

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπική απόκλιση.

ND Δεν ανιχνεύτηκε.

Οι Ribbecca *et al.*, (2011) μελετώντας δείγματα τσιπούρας που αλιεύτηκαν σε περιοχές στη Βόρεια Ιταλία ανακοίνωσαν τις εξής περιεκτικότητες: Χαλκός 18mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού, Ψευδάργυρος 49 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού και Μόλυβδος 23 mg/kg εδώδιμης σάρκας επί υγρού.

6. Συμπεράσματα

- ❖ Οι λιπαρές ύλες και η υγρασία των λιπαρών αλιευμάτων που εξετάστηκαν, επηρεάστηκαν σημαντικά από την περίοδο αλίευσης. Ενώ η τέφρα και οι πρωτεΐνες δεν παρουσίασαν σημαντικές διακυμάνσεις.
- ❖ Τα κυριότερα λιπαρά οξέα στο σύνολο των λιπαρών που ανιχνεύθηκαν, στα αλιεύματα που εξετάστηκαν, ήταν το C16:0, το DHA, το EPA και το C18:1ω-9. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα λιπαρά οξέα διαφοροποιήθηκαν στη διάρκεια των τριών μηνών που εξετάστηκαν. Όλα τα εξεταζόμενα είδη αποτελούν αξιόλογες πηγές ω-3 λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα σε EPA και DHA, τα οποία θεωρούνται ευεργετικά για την καλή υγεία του καταναλωτή. Επιπρόσθετα, η αναλογία ω-3/ω-6 κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα, ιδιαίτερα στα είδη ψαριών κουτσομούρας και σκουμπριού, ενισχύοντας έτσι σημαντικά τη σπουδαιότητα των ειδών αυτών.
- ❖ Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ήταν ιδιαίτερα χαμηλή σε όλα τα αλιεύματα που εξετάστηκαν, χωρίς να υπερβαίνει την ημερήσια αναγκαία για τον ανθρώπινο οργανισμό δόση των 300mg. Η χαμηλή αυτή περιεκτικότητα της χοληστερόλης σε συνδυασμό με την αξιόλογη ποσότητα των ω-3 λιπαρών οξέων καθιστούν τα είδη αυτά ως τρόφιμα υψηλής ποιότητας και ιδιαίτερα σημαντικά για την καλή υγεία του καταναλωτή.
- ❖ Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων (Cu, Zn, Pb, Al,) κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, εντός των ορίων που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σε όλα τα εξεταζόμενα είδη, ενώ και η διακύμανσή τους κατά τη διάρκεια των τριών μηνών ήταν χαμηλή. Το μέταλλο Cd δεν ανιχνεύθηκε σε κανένα δείγμα αλιεύματος κατά τους μήνες που μελετήθηκαν.

7. Βιβλιογραφία

- Abdallah M.A.M. (2008). Trace element levels in some commercially valuable fish species from coastal waters of Mediterranean Sea, Egypt. *Journal of Marine Systems*, **73**, 114–122.
- Ackman R.G. & Eaton C.A. (1971). Mackerel lipids and fatty acids. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, **4**, 169–175.
- Ackman R.G. (1980). Fish lipids. In: *Advances in Fish Science and Technology* (Eds Connell J.J.) pp. 86–120, Fishing News Books Ltd., Farnham.
- Aggelousis G. & Lazos E.S. (1991). Fatty acid composition of the lipids from eight freshwater fish species from Greece. *Journal of Food Composition and Analysis*, **4**, 68-76.
- Alasalvar C., Taylor K.D.A., Oksuz A., Garthwaite T., Alexis M. N., Grigorakis K., (2001). Freshness assessment of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. *Food Chemistry*, **72**, 33-40.
- Anon T. (1987). Suggestions for modifying diet. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **64**, 804 – 810.
- AOAC. (2002). Lead, cadmium, zinc, cooper and iron in foods, method 999.10. Ash of seafood's, method 938.08. In: *Official method of analysis of AOAC international* (Eds Horwitz W.), AOAC international, Maryland.
- Arino A, Beltran J.A. & Roncales P. (2003). Dietary importance of fish and shellfish. In: *Fish*. pp 2471-2477, University of Zaragoza, Spain.
- Aro T., Tahvonen R., Mattila T., Nurmi J., Sivonen T. & Kallio H. (2000). Effects of Season and Processing on Oil Content and Fatty Acids of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **48**, 6085–6093.

- Bakkali K., Martos N.R., Souhail B. & Ballesteros E. (2009). Characterization of trace metals in vegetables by graphite furnace atomic absorption spectrometry after closed vessel microwave digestion. *Food Chemistry*, **116**, 590–594.
- Bandarra N.M., Batista I., Nunes M.L., Empis J.M. & Christie W.W. (1997). Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). *Journal of Food Science*, **62**, 40-42.
- Belitz H.D., Grosch W. & Schieberle P. (2006). Αμινοξέα, πεπτίδια, πρωτεΐνες. In: *Χημεία τροφίμων*, 3^η έκδοση (Eds Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P.) pp. 685-697, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Best A.C.G. & Bone Q. (1973). The terminal neuro-muscular junctions of lower chordates. *Zeitschrift fuer Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*, **143**, 495–501.
- Black D. & Love R.M. (1986). The sequential mobilization and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology B*, **156**, 469-479.
- Bligh E.G. & Dyer W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.
- Boetius I. & Boetius J. (1985). Lipid and protein content in *Anguilla anguilla* during growth and starvation. *Aquaculture Research*, **4**, 1–17.
- Bradley R.L.J. (2003). Moisture and total solids analysis. In: *Food analysis* (Eds Nielsen S.S.) pp. 81-99, Kluwer Academic/Plenum publisher, New York.
- Burger J. & Gochfeld M. (2005). Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ.Res.* **99**, 403–413.
- Candela M., Astiasaran I. & Bello J. (1997). Effects of frying and warm holding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadtes morrhua*) and hake (*Merluccius meduccius*). *Food Chemistry*, **58**, 227-231
- Canli M. & Atli G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish specie. *Environmental Pollution*, **121**, 129–136

- Castro-Gonzalez M.I. & Mendez-Armenta M. (2008). Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **26**, 263-271.
- Catsiki V.A. & Stroglyoudi E. (1999). Survey of metal levels in common fish species from Greek waters. *The Science of the Total Environment*, **237/238**, 387-400.
- Celik U. & Oehlenchlager J. (2007). High contents of cadmium, lead, zinc and copper in popular fishery products sold in Turkish supermarkets. *Food Control*, **18**, 258–261
- Chavin W. & Young J.E. (1970). Factors in the determination of normal serum glucose levels of goldfish, *Garassius auratus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **33**, 629–635.
- Chen I.C., Chapman F.A., Wei C.I., Portier K.M. & O’Keefe S.F. (1995). Differentiation of cultured and wild sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desofol*) based on fatty acid composition. *Journal of Food Science*, **60**, 631-636.
- Connell J.J. (1964). Fish muscle proteins and some effects on them on processing. In: *Proteins and their Reactions* (Eds Schultz H.W. and Anglemier A.F.) pp. **50–110**, AVI Publishing Company Westport, Connecticut.
- Cowie W. P. & Mackie I.M. (1968). Examination of the protein extractability method for determining cold storage protein denaturation in cod. *Journal of Food Science and Agriculture*, **19**, 696-700.
- Dalman O., Demirak A. & Balci A. (2006). Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, **95**, 157–162.
- De Leonardis A. & Macciola V. (2004). A study on the lipid fraction of Adriatic sardine filets (*Sardina pilchardus*). *Nahrung/Food*, **48**, 209-212.
- Domingo J.L., Bocio A., Falco G. & Llobet J.M. (2007). Benefits and risks of fish consumption Part I. A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. *Toxicology*, **230**, 219–226.

- Drevon C.A. (1989). ω -3 fatty acids in health and disease. In: *Fish, Fats and Your Health: Proceedings of the International Conference on Fish Lipids and Their Influence on Human Health*, pp. **19–50**, Svanoy Foundation, Svanoybukt.
- Dyerberg J. & Bang H.O. (1979). Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. *Lancet*, **2**, 433–440.
- E.E., (2005). Κανονισμός Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου με αριθμό 75/2005. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- EEC. (1979). Commission of European Communities. Method-ISQ 1442-1973.(AOAC, 1990).
- Erkan N. & Ozden O. (2007). Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by ICP-MS. *Food Chemistry*, **102**, 721–725.
- Falco G., Llobet J., Bocio A. & Domingo J. (2006). Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 6106–6112.
- FAO, (2009). Food Agriculture Organization.
- Farkas T., Csengeri I., Majoros F. & Olah J. (1980). Metabolism of fatty acids in fish iii. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758. *Aquaculture*, **20**, 29-40.
- Folch J., Lees M. & Sloan-Stanley G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, **226**, 497-509.
- Galitsopoulou A., Georgantelis D. & Kontoninas M.G. (2009). Cadmium content in fresh and canned squid (*Loligo opalescens*) from the Pacific coastal waters of California (USA). *Food Additives and Contaminants: Part B*, **2**, 38-43.
- Giouranovits- Psyllidou R., Georgoakopoulos- Gregoriades E.& Vassilopoulou V. (1994). Monitoring of Organochlorine Residues in Red

Mullet (*Mullus barbatus*) from Greek Waters. *Baseline / Marine Pollution Bulletin*, **28(2)**, 121-123.

- Gokce M.A., Tasbozan O., Celik M. & Tabakoglu S.S. (2004). Seasonal variations in proximate and fatty acid compositions of female common sole (*Solea solea*). *Food Chemistry*, **88**, 419–423.
- Goldenberg A.L., Paron L. & Crupkin M. (1987). Acid phosphatase activity in pre- and post-spawning hake. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **87A**, 845–853.
- Gonzalez-Fandos E., Garcia-Linares M.C., Villarino-Rodriguez A., Garcia-Arias M.T. & Garcia-Fernandez M.C. (2004). Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. *Food Microbiology*, **21**, 193–201.
- Goulas A. E. & Kontominas M. G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, **100**, 287-296.
- Greenly L.W. (2000). A nutrition primer: fat and cholesterol. *Journal of Chiropractic Medicine*, **1(4)**, 201-205.
- Grigorakis K., Taylor K. D. A.& Alexis M. N., (2003b). Organoleptic and volatile aroma compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*): sensory differences and possible chemical basis. *Aquaculture*, **225**, 109-119.
- Grigorakis K. (2007). Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. *Aquaculture*, **272**, 55–75.
- Guner S., Dincer B., Alemdag N., Colak A.,& Tufeksi M. (1998). Proximate and selected mineral content of commercially important fish species from the Black sea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **78**, 337-342.

- Hale M.B. & Brown T. (1983). Fatty acids and lipid classes of three underutilized species and changes due to canning. *Marine Fisheries Review*, **45**, 4-6.
- Hanson S.W.F. & Olley J. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, **89**, 101-108.
- Harbers L.H. & Nielsen S.S. (2003). Ash analysis. In: *Food analysis*, (Eds Nielsen S.S.) pp. 103-110, Kluwer Academic/Plenum publisher, New York
- Hardy R. & Keay J.N. (1972). Seasonal variations in the chemical composition of Cornish mackerel, *Scomber scombrus* (L), with detailed reference to the lipids. *Journal of Food Technology*, **7**, 125-137.
- Hornstra G. (1982). Dietary Fats, Prostanoids and Arterial Thrombosis, pp. 1–200, Martinus Nijhoff Publishers, Boston.
- Imre S. & Saglik S. (1998). Fatty acid composition and cholesterol content of some Turkish fish species. *Turkish Journal Chemistry*, **22**, 321- 324.
- IOM, Institute of Medicine. (2001). Dietary reference intake for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *National Academy press, Washington D.C*, 3-31
- Karakoltsidis P.A., Zotos A. & Costantinides S.M. (1995). Composition of commercially important Mediterranean finfish crustaceans and mollusks. *Journal of Food Composition and Analysis*, **8**, 258-273.
- Kinsella J.E. (1986). Food components with potential therapeutic benefits: The n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. *Food Technol*, **2**, 89–97.
- Kinsella J.E., Shimp J.L., Mai J. & Weihrauch J. (1977). Sterol, phospholipid, mineral content and proximate composition of filets of select freshwater fish species. *Journal of Food Biochemistry*, **1**, 131-140.

- Kotb A.R. and Hadeed A.F.A. (1991). Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish. *Food Chemistry*, **40**, 185-190.
- Koubaa A., Abdelmouleh A., Bouain A. & Mihoubi B. (2010). Experimental and statistical investigations of the global chemical composition of six trawling fish of the Gulf of Gabe's (Mediterranean Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1 -7.
- Kovacs M.I.P., Anderson W.E. & Ackman R.G. (1979). A simple method for the determination of cholesterol and some plant sterols in fishery-based food products. *Journal of Food Science*, **44**, 1299-1305.
- Kreps E.M., Chebotareva M.A. & Akulin V.N. (1969). Fatty acid composition of brain and body phospholipids of the anadromous salmon, *Oncorhynchus nerka*, from fresh-water and marine habitat. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **31**, 419 – 430.
- Kritchevsky D., Tepper S. A., DiTullio N.W. & Holmes W.L. (1967). The sterols of seafood. *Journal Food Science*, **32**, 64.
- Krzynowek J. & Murphy J. (1987). Proximate composition, energy, fatty acid, sodium, and cholesterol content of finfish, shellfish, and their products. *National Marine Fisheries Service. U.S, Springfield*, 1-52.
- Krzynowek J. & Panunzio L.J. (1989). Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. *Journal of Food Science*, **54(2)**, 237-239.
- Krzynowek J., Uwua D.S., Panunzio L.J. & Maney R.S. (1992). Factors affecting fat, cholesterol, and omega-3 fatty acids in maine sardines. *Journal of Food Science*, **57**, 63-66.
- Kucuksezgin F., Uluturhan E., Kontas A. & Altay O. (2002). Trace metal concentrations in edible fishes from Izmir Bay, Eastern Aegean. *Baseline / Marine Pollution Bulletin*, **44**, 816–832.
- Kucuksezgin F., Uluturhan E. & Kontas A. (2011). Evaluations of heavy metal pollution in sediment and *Mullus barbatus* from the Izmir Bay (Eastern Aegean) during 1997–2009. *Marine Pollution Bulletin* , **62**, 1562–1571.

- Lands W.E.M. (1986). Fish and Human Health. *Academic Press, Orlando*, 1-170
- Lee D.J. & Sinnhuber R.O. (1973). Lipid Requirements. In: *Fish Nutrition*, (Eds Halver J.E.). *Academic Press, London*, 145–180
- Lourenco H.M., Anacleto P., Afonso C., Ferraria V., Martins M.F., Carvalho M.L., Lino A.R. & Nunes M.L. (2009). Elemental composition of cephalopods from Portuguese continental waters. *Food Chemistry*, **113**, 1146–1153.
- Love R.M. (1979). The post-mortem pH of cod and haddock muscle and its seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **30**, 433–440.
- Love R.M. (1997). Summary of considerations of biological condition and quality, Biochemical dynamics and the quality of frozen and frozen fish. In: *Fish processing technology*, (Eds Hall M.G.). *Blackie Academic and professional, London*, 24-26
- Luzia L.A., Sampaio G.R., Castellucci C.M.N. & Torres E.A.F.S. (2003). The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. *Food Chemistry*, **83**, 93–97.
- Marijić F.V. & Raspor B. (2007). Metal exposure assessment in native fish, *Mullus barbatus* L., from the Eastern Adriatic Sea. *Toxicology Letters*, **168** , 292–301.
- Martinez-Valverde I., Periago M.J., Santaella M. & Ros G. (2000). The content and nutritional significance of minerals on fish flesh in the presence and absence of bone. *Food Chemistry*, **71**, 503-509.
- Mbarki R., Ben Miloud N., Selmi S., Dhib S. & Sadok S. (2009). Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial, chemical and sensory characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*). *Food Microbiology*, **26**, 821–826.
- Mendez E. & Gonzalez R.M. (1997). Seasonal changes in the chemical and lipid composition of fillets of the Southwest Atlantic hake (*Merluccius hubbsi*). *Food chemistry*, **59**, 213-217.

- Nagai M. & Ikeda S. (1971). Carbohydrate metabolism in fish-1. Effects of starvation and dietary composition on the blood-glucose level and the hepatopancreatic glycogen and lipid contents in carp. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*, **37**, 404–415.
- Neutze J.M. & Starling M.B. (1986). Fish oils and coronary heart disease. *New Zealand Medical Journal*, **99**, 581–583.
- Nussey G. Vuren J.H.J. & Preez H.H. (2000). Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga. *Water S.A.*, **26**, 269-284
- Oluozlu O.D., Tuzen M., Mendil D. & Soylak M. (2007). Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, **104**, 835–840.
- Osman H., Suriah A.R. & Law E.C. (2001). Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian water. *Food Chemistry*, **73**, 55-60.
- Ozogul Y. & Ozogul F. (2007). Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas. *Food Chemistry*, **100**, 1634–1638.
- Ozogul Y., Ozogul F. & Alagoz S. (2007). Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chemistry*, **103**, 217-223.
- Ozogul Y., Duysak O., Ozogul F., Ozkutuk A. & Tureli C. (2008). Seasonal effects in the nutritional quality of the body structural tissue of cephalopods. *Food Chemistry*, **108**, 847–852.
- Ozyurt G., Polat A. & Ozkutuk S. (2005). Seasonal changes in the fatty acids of gilthead sea bream (*Sparus aurarta*) and white sea bream (*Diplodus sargus*) captured in Iskenderun Bay, eastern Mediterranean coast of Turkey. *Eur Food Research Technology*, **220**, 120-124.

- Ozyurt G., Kuley E., Ozkutuk S. & Ozogul F. (2009). Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*, **114**, 505–510.
- Pastor D., Boix J., Fernandez V., & Albaiges J. (1995). Bioaccumulation of Organochlorinated Contaminants in Three Estuarine Fish Species (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* and *Dicentrarchus labrax*)
- Periago M.G., Ayala M.D., Lopez-Albors O., Abdel I., Martinez C., Garcia-Alcazar A., Ros G. & Gil F. (2005). Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture*, **249**, 175–188.
- Peterson E. & Amado R. (1997). Simplified method for the simultaneous gas chromatographic determination of fatty acid composition and cholesterol in food. *Academic Press Limited*, **30**, 202–209.
- Piironen V., Toivo J. & Lampi A.M. (2002). New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, **15**, 705–713.
- Prato E., Portacci G. & Biandolino F. (2010). Effect of diet on growth performance, feed efficiency and nutritional composition of *Octopus vulgaris*. *Aquaculture*, **309**, 203–211.
- Rasoarahona J.R.E., Barnathan G., Bianchini J.P. & Gaydou E.M. (2005). Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. *Food Chemistry*, **91**, 683-694.
- Ribecco C., Baker M.E., Sasik R., Zuod Y., Hardiman G. & Carnevalia O. (2011). Biological effects of marine contaminated sediments on *Sparus aurata* juveniles. *Aquatic Toxicology*, **104**, 308– 316.
- Rodriguez C., Perez J.A., Badia P., Izquierdo M.S., Fernandez-Palacios H. & Lorenzo -Hernandez A. (1998). The *ny3* highly unsaturated fatty acids requirements of gilthead seabream *Sparus aurata* L./ larvae when using an appropriate DHArEPA ratio in the diet. *Aquaculture*, **169**, 9–23.

- Saglik S. & Imre S. (2001). ω 3-fatty acids in some fish species from Turkey. *Food Chemistry and Toxicology*, **66**, 210-212.
- Sanders T.A.B. (1985). The importance of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. In: *The Role of Fats in Human Nutrition* (Eds Padley F.B. and Podmore J.) pp. 101–116, Ellis Horwood, Chichester.
- Sargent S., Bell G., Mc Evoy L., Tocher D. & Estevez A. (1999). Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, **177**, 191–199.
- Sempore B.G. & Berad I.A. (1996). Analysis of neutral lipids: fatty acids. In: *Handbook of food analysis* (Eds Nollet L.M.L.) pp. 357-359, Markel Dekker, Inc, New York.
- Shiber J. G. (2006). Arsenic, cadmium, lead and mercury in canned sardines commercially available in eastern Kentucky, USA. *Marine Pollution Bulletin* 62 (2011) 66–72.
- Shirai N., Terayma M. & Takeda H. (2002^a). Effect of season on the fatty acid composition and free amino acid content of the sardine *Sardinops melanostictu*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, **131**, 387–393.
- Sidhu K.S. (2003). Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **38**, 336–344.
- Sieiroa M.P., Aubourgb P. S. & Rochaa F. (2006). Seasonal study of the lipid composition in different tissues of the common octopus (*Octopus vulgaris*). *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **108**, 479–487.
- Simopoulos A.P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **70**, 560-569.
- Sinanoglou V.J., Meimaroglou D. & Miniadis-Meimaroglou S. (2008). Triacylglycerols and their fatty acid composition in edible Mediterranean mollusks and crustacean. *Food Chemistry*, **110**, 406–413.
- Sirot V., Oseredczuk M., Bemrah-Aouachria N., Volatuer J-L. & Leblanc J-C. (2008). Lipid and fatty acid composition of fish and seafood consumed in France: CALIPSO study. *Journal of Food Composition and Analysis*, **21**, 8-16.

- Skalli A., Robin J.H., Le Bayon N., Le Delliou H. & Person-Le Ruyet J. (2006). Impact of essential fatty acid deficiency and temperature on tissues' fatty acid composition of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, **255**, 223–232.
- Soriguer F., Serna S., Valverde E., Hernando J. & Martín-Reyes A., Soriguer M., Pareja A., Tinahones F. & Esteva I. (1997). Lipid, protein, and calorie content of different Atlantic and Mediterranean fish, shellfish, and molluscs commonly eaten in the south of Spain. *European Journal of Epidemiology*, **13**, 451–463
- Stansby M.E. (1982). Properties of fish oils and their application to handling of fish and to nutritional and industrial use. In: *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products* (Eds Martin R.E., Flick G.J., Hebard C.E. and Ward D.R.) pp. 75–92, AVI Publishing Company Westport, Connecticut..
- Steffens W. (1997). Effects of variation feeds on nutritive in essential fatty acids in fish value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, **151**, 97-119.
- Sures B., Taraschewski H. & Haug C. (1995). Determination of trace metals (Cd, Pb) in fish by electrothermal atomic absorption spectrometry after microwave digestion. *Analytica Chimica Acta*, **311**, 135-139.
- Teshima S. (1991). Sterols of crustaceans, molluscs, and fishes. In: *Physiology and Biochemistry of Sterols* (Eds Patterson G.W., Nes W.D.) pp. 229–259, American Oil Chemist's Society Champaign, USA, Illinois.
- Turkmen A., Turkmen M., Tepe Y. & Akyurt I. (2005). Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, **91**, 167–172.
- Tzikas Z., Amvrosiadis I., Soultos N., Georgakis Sp. (2007). Seasonal variation in the chemical composition and microbiological condition of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) muscle from the North Aegean Sea (Greece). *Food Control*, **18**, 251–257
- Uluturhan E. & Kucuksezgin F. (2007). Heavy metal contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. *Water Research*, **41**, 1185 –1192.

- Van Camp A. & Huyghebaert A. (1996). Determination of proteins in foods. In: *Handbook of Food Analysis*, vol1 (Eds Nollet L.M.L.) pp. 282-301, Marcel Dekker, New York.
- Vaz-Pires P. & Barbosa A. (2004). Sensory, microbiological, physical and nutritional properties of iced whole common octopus (*Octopus vulgaris*). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, **37**, 105–114.
- Wessels J.P.H. & Spark A.A. (1973). The fatty acid composition of the lipids from two species of Hake. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **24**, 1359-1370.
- Widianarko B., Van Gestel C.A.M., Verweij R.A. & Van Straelen N.M. (2000). Associations between trace metals in sediment, water, and guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **46**, 101-107.
- Worthington R.E. & Lovell R.T. (1973). Fatty acids of channel catfish (*Ictalurus punctatus*): variance components related to diet, replications within diets and variability among fish. *Journal of Fishery Research Board Canada*, **30**, 1604–1612.
- Yanar Y. & Celik M. (2005). Seasonal variations of fatty acid composition in wild marine shrimps (*Penaeus semisulcatus* De Haan, 1844 and *Metapenaeus monoceros* Fabricus, 1789) from the eastern Mediterranean Sea. *Food Science and Technology International*, **5**, 391-395.
- Zlatanov S. & Laskoridis K. (2007). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish-sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*). *Food Chemistry*, **103**, 725-728.
- Zlatanov S. & Sagredos A. N. (1993). The fatty acid composition of some important Mediterranean fish species. *Fat Science Technology*, **95**, 66-69.
- Zotos A., Hole M. & Smith G. (1995). The effect of frozen storage of Mackerel (*Scomber scombrus*) on its quality when hot smoked. *Journal of the Food and Agriculture*, **67**, 43-48.