



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑΣ»  
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΧΗΜΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»**

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**ΛΙΠΙΔΙΑ ΚΑΙ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ ΤΩΝ ΙΣΤΩΝ (ΜΥΕΣ, ΚΕΦΑΛΙ, ΔΕΡΜΑ,  
ΗΠΑΤΟΠΑΓΚΡΕΑΣ) ΤΟΥ ΨΑΡΙΟΥ ΚΡΑΝΙΟΣ (*ARGYROSOMUS REGIUS*)  
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΠΕΛΑΓΟΥΣ**

**ΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ-ΑΝΤΙΓΟΝΗ  
ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013**



## **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

Λιπίδια και λιπαρά οξέα των ιστών (μύες, κεφάλι, δέρμα, ηπατοπάγκρεας) του ψαριού κρانيός (*Argyrosomus regius*) ανοιχτού πελάγους

**ΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ-ΑΝΤΙΓΟΝΗ**

**A.M.: 51015**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**Χαράλαμπος Προεστός, Λέκτορας ΕΚΠΑ**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Χαράλαμπος Προεστός, Λέκτορας ΕΚΠΑ**

**Παναγιώτα Μαρκάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΚΠΑ**

**Βασιλεία Σινάνογλου, Επίκουρη Καθηγήτρια ΤΕΙ Αθηνών**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 21/02/2013**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η γενική χημική σύσταση (λίπος, υγρασία, τέφρα και πρωτεΐνη) η σύσταση των ολικών, πολικών, ουδετέρων λιπιδίων και των φωσφολιπιδίων καθώς και η σύσταση των λιπαρών οξέων των ολικών και πολικών λιπιδίων και των τριγλυκεριδίων, των μυών, κεφαλιού, δέρματος και ηπατοπαγκρέατος του ψαριού κρυνιός (*Argyrosomus regius*). Τα παραπάνω αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα δεδομένα κρυνιού ιχθυοκαλλιέργειας. Τέλος, έγινε υπολογισμός διατροφικών δεικτών για την εκτίμηση της διατροφικής αξίας του *Argyrosomus regius*.

Αρχικά έγινε εκχύλιση των λιπιδίων των διαφορετικών ιστών του ψαριού, προσδιορίστηκε η αναλογία πολικών και ουδετέρων λιπιδίων και έγινε ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των επιμέρους λιπιδικών τάξεων. Επιπλέον, δείγματα των ιστών του ψαριού λυοφυλιώθηκαν και έγινε προσδιορισμός τέφρας, υγρασίας και πρωτεΐνης.

Τα ποσοστά υγρασίας και τέφρας βρέθηκαν ότι ήταν στους μύες 76.43% και 1.25%, στο κεφάλι 59.53% και 24.91%, στο δέρμα 62.23% και 1.83% αντίστοιχα και στο ηπατοπάγκρεας το ποσοστό υγρασίας βρέθηκε ότι ήταν 79.23%. Το ποσοστό πρωτεΐνης βρέθηκε ότι ήταν 19.85% των νωπών μυών. Το λίπος βρέθηκε ότι ήταν 1.36%, 5.50%, 4.31% και 2.27% επί νωπού ιστού στους μύες, το κεφάλι, το δέρμα και το ηπατοπάγκρεας αντίστοιχα. Τα ουδέτερα λιπίδια βρέθηκαν στους ιστούς (μύες 69.18%, κεφάλι 94.84%, δέρμα 88.70% και ηπατοπάγκρεας 77.78%) σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα πολικά και αποτελούνταν κυρίως από τριγλυκερίδια (TG) (από 95.67% ως 99.20%), ενώ τα πολικά περιείχαν κυρίως φωσφατιδυλοχολίνη (PC) (από 60.09% ως 86.91%) και φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη (PE) (από 13.10% ως 39.91%). Τα σημαντικότερα λιπαρά οξέα των ολικών, πολικών και ουδετέρων λιπιδίων όλων των ιστών βρέθηκε ότι ήταν τα: παλμιτικό (από 5.58% ως 37.12%), στεατικό (από 1.14% ως 11.98%), ελαϊκό (από 8.78% ως 33.75%), λινελαϊκό (από 3.84% ως 13.45%), εικοσαπενταενοϊκό (EPA) (από 0.34% ως 4.29%) και εικοσιδυοεξαενοϊκό (DHA) (από 0.43% ως 9.35%).

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Μελέτη των λιπιδίων βρώσιμων υδρόβιων οργανισμών

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *Argyrosomus regius*, λιπίδια, λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, διατροφικοί δείκτες

## ABSTRACT

In this research the proximate composition (fat, moisture, ash and protein) of muscle, head, skin and hepatopancreas of *Argyrosomus regius* was studied. Furthermore, the composition of the total, polar, neutral lipids and phospholipids as well as the fatty acid composition of total and polar lipids and triglycerides were determined. These results were compared with the corresponding data for farmed *Argyrosomus regius*. Finally, in order to assess the nutritional value of *Argyrosomus regius*, nutritional indicators were calculated.

Lipids were extracted from different tissues of the fish and the ratio of polar and neutral lipids was determined. A qualitative and quantitative analysis of the individual lipid classes also took place. Moreover, tissue samples of the fish were lyophilized, followed by the identification of ash, moisture and protein.

The moisture and ash rate, were found to be 76.43% and 1.25% in the muscles, 59.53% and 24.91% in the head, 62.23% and 1.83% in the skin and 79.23% in hepatopancreas, respectively. The protein content was found to be 19.85% of fresh muscle. Fat content was found to be 1.36%, 5.50%, 4.31% and 2.27% of the wet tissue in muscles, head, skin and hepatopancreas respectively. Neutral lipids in tissues were found (69.18% muscles, 94.84% head, 88.70% skin and 77.78% hepatopancreas) at a greater rate compared to the polar lipids. They mainly consist of TG (from 95.67% to 99.20%), while the polar lipids contain mostly PC (from 60.09% to 86.91%) and PE (from 13.10% to 39.91%). The major fatty acids of the total, polar and neutral lipids of all tissues were found to be: palmitic (from 5.58% to 37.12%), stearic (from 1.14% to 11.98%), oleic (from 8.78% to 33.75%), linoleic (from 3.84% to 13.45%), EPA (from 0.34% to 4.29%) and DHA (from 0.43% to 9.35%).

**SUBJECT AREA:** Study of lipid edible aquatic organisms

**KEYWORDS:** *Argyrosomus regius*, lipids, fatty acids, phospholipids, nutritional indicators



**Στην οικογένεια μου**



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Μηνιάδου-Μεϊμαρόγλου Σοφία για την συνεχή και καθοριστική καθοδήγηση κατά την διεξαγωγή της εργασίας μου.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την κα Βασιλεία Σινάνογλου, Επίκουρη Καθηγήτρια του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Αθηνών, για την άριστη συνεργασία και τη συνεχή βοήθεια και υποστήριξή της.

Θεωρώ επίσης σημαντικό να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής το Λέκτορα κ. Προεστό Χαράλαμπο και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα Παναγιώτα Μαρκάκη για τις χρήσιμες υποδείξεις τους.

Θα ήταν παράληψη να μην ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του εργαστηρίου για την άψογη συνεργασία τα τελευταία δύο χρόνια και ιδιαίτερα τη Βαλαβανίδου Χρύσα και τη Σουλτάνη Γεωργία για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ καρδίας τον Αλέξανδρο Καναπίτσα και την οικογένειά μου για την συνεχή υποστήριξη που απλόχερα μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

## Περιεχόμενα

1	Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή .....	19
1.1	<i>Argyrosomus regius</i> .....	19
1.2	Λιπίδια .....	21
1.3	Λιπίδια των ιχθυηρών .....	28
1.3.1	Οφέλη από την κατανάλωση ψαριών ή ιχθυελαίων.....	31
1.3.2	Κίνδυνοι από την κατανάλωση ψαριού.....	32
1.4	Σκοπός .....	33
2	Κεφάλαιο 2: Υλικά και μέθοδοι .....	34
2.1	Συλλογή και επεξεργασία δειγμάτων .....	34
2.2	Προσδιορισμός τέφρας .....	34
2.3	Προσδιορισμός υγρασίας.....	35
2.4	Προσδιορισμός ολικού αζώτου - πρωτεϊνών με τη μέθοδο Kjeldahl .	36
2.5	Απομόνωση λιπιδίων .....	37
2.5.1	Εκχύλιση ολικών λιπιδίων με τη μέθοδο Bligh-Dyer .....	37
2.5.2	Αναλυτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των λιπιδίων .....	38
2.5.3	Χρωματογραφικές μέθοδοι για το διαχωρισμό και την ανάλυση των λιπιδίων (Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας).....	40
3	Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα και συζήτηση .....	56
3.1	Γενικά χαρακτηριστικά και χημική σύσταση .....	57
3.1.1	Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας, πρωτεΐνης και λίπους .....	57
3.2	Απομόνωση των ολικών λιπιδίων .....	60
3.2.1	Προσδιορισμός ολικών, πολικών, ουδετέρων λιπιδίων και φωσφολιπιδίων .....	60
3.2.2	Μελέτη της σύστασης των ολικών, πολικών και ουδετέρων λιπιδίων με χρωματογραφία υψηλής απόδοσης λεπτής στιβάδας (HPTLC).....	62

3.2.3	Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των επιμέρους τάξεων ουδετέρων και πολικών λιπιδίων με Iatroscan (TLC/FID).....	66
3.2.4	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των ιστών του <i>Argyrosomus regius</i> .....	75
3.2.5	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων και των τριγλυκεριδίων με GC-FID ανάλυση .....	89
3.2.6	Υπολογισμός διατροφικών δεικτών .....	108
4	Συμπεράσματα .....	110
5	Συντηρήσεις .....	111
6	Αναφορές .....	112

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 Χρωματογράφημα από Iatroscan ανάλυση. Ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης η-εξάνιο-δισαιθυλαιθέρας- φορμικό οξύ (n-H : DE : FA) 60 : 15 :1.5 (v/v/v). Διαχωρισμός μίγματος προτύπων ουδετέρων λιπιδίων [38] .....	49
Σχήμα 2 Χρωματογράφημα από Iatroscan ανάλυση. Πολικό σύστημα ανάπτυξης χλωροφόρμιο-μεθανόλη-νερό (C : M : W ) 50: 20 :2 (v/v/v). Διαχωρισμός μίγματος προτύπων πολικών λιπιδίων [38].....	49
Σχήμα 3 Πρότυπο χρωματογράφημα μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων Supelco™ 37 Component FAME Mix C4-C24.100 mg Neat. Catalog No: 18919-1AMP (Merck. Darmstadt, Germany) [39].....	52
Σχήμα 4 Ποσοστό % των επιμέρους τάξεων των ουδετέρων και πολικών λιπιδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> . .....	67
Σχήμα 5 Σύγκριση σύστασης % (w/w) των κυριότερων λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	77
Σχήμα 6 : Σύγκριση ποσοστών % (w/w) των συνόλων και των αναλογιών των λιπαρών οξέων στα ολικά λιπίδια των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	83
Σχήμα 7 Σύγκριση σύστασης % (w/w) των κυριότερων λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	91
Σχήμα 8 Σύγκριση ποσοστών % (w/w) των συνόλων και των αναλογιών των λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	96
Σχήμα 9 Σύγκριση σύστασης % (w/w) των κυριότερων λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	101
Σχήμα 10 Σύγκριση ποσοστών % (w/w) των συνόλων και των αναλογιών των λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	104



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Iatroscan MK-6 (TLC / FID – FPD Analyser) (Iatron Laboratories. Tokyo. Japan) .....	45
Εικόνα 2 Καύση των Chromarods με την φλόγα υδρογόνου.....	46
Εικόνα 3 Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας των ολικών λιπιδίων από εκχύλιση Bligh Dyer του ψαριού <i>Argyrosomus regius</i> σε ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης. ....	63
Εικόνα 4 Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας των ολικών λιπιδίων από εκχύλιση Bligh Dyer του ψαριού <i>Argyrosomus regius</i> σε πολικό σύστημα ανάπτυξης.	64



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Συστηματική κατάταξη του είδους [1] .....	19
Πίνακας 2 Κατηγοριοποίηση των ιχθυηρών με βάση την περιεκτικότητα τους σε λιπίδια και πρωτεΐνες [15].....	28
Πίνακας 3 Iatroscaan ανάλυση μίγματος προτύπων ουδετέρων λιπιδίων σε ουδέτερο σύστημα ανάπτυξηςH : DE : FA (60 : 15 :1.5. by vol.) [38].....	48
Πίνακας 4 Iatroscaan ανάλυση μίγματος προτύπων πολικών λιπιδίων σε πολικό σύστημα ανάπτυξηςC : M : W (50 : 20 :2.by vol.) [38].....	48
Πίνακας 5 Μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων που αναλύθηκαν, οι χρόνοι εκλούσεως αυτών και οι παράγοντες ποσοτικοποίησης [38] .....	53
Πίνακας 6 Υγρασία, τέφρα, πρωτεΐνη και λίπος εκφρασμένα σε g/ 100g νωπού ιστού σε ιστούς του <i>Argyrosomus regius</i> πελαγίσσιου και ιχθυοτροφείου [40].....	57
Πίνακας 7 Ολικά λιπίδια και φωσφολιπίδια εκφρασμένα σε g / 100 g νωπού ιστού και πολικά, φωσφολιπίδια και ουδέτερα λιπίδια % (w/w) των ολικών λιπιδίων των ιστών του ψαριού <i>Argyrosomus regius</i> .....	60
Πίνακας 8 : Ποσοστό % των επιμέρους τάξεων των ουδετέρων και πολικών λιπιδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του <i>Argyrosomus regius</i> πελαγίσσιου. ....	66
Πίνακας 9 Ποσοστό % (w/w) των TG και Chol. στα ουδέτερα λιπίδια των ιστών του <i>Argyrosomus regius</i> πελαγίσσιου. ....	69
Πίνακας 10 Ποσοστό % (w/w) των τάξεων των πολικών λιπιδίων των ιστών του <i>Argyrosomus regius</i> πελαγίσσιου. ....	70
Πίνακας 11 Σύσταση επιμέρους ουδετέρων και πολικών λιπιδίων σε mg λιπιδίων / 100 g νωπού ιστού του πελαγίσσιου <i>Argyrosomus regius</i> .....	73
Πίνακας 12 Σύσταση % (w/w) λιπαρών οξέων επί των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσσιου <i>Argyrosomus regius</i> . (Μέσος όρος±SD,n = 5).....	75



Πίνακας 13 Σύσταση % (w/w) λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> . (Μέσος όρος±SD,n = 5).....	89
Πίνακας 14 Σύσταση % (w/w) λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου <i>Argyrosomus regius</i> . (Μέσος όρος±SD,n = 5).....	99
Πίνακας 15 Διατροφικοί δείκτες AI, TI, PI και h/H του ψαριού <i>Argyrosomus regius</i> .....	108



# 1 Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 *Argyrosomus regius*

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των λιπιδίων στους ιστούς (μύες, κεφάλι, δέρμα, ηπατοπάγκρεας) του ψαριού *Argyrosomus regius*.

Πίνακας 1 Συστηματική κατάταξη του είδους [1]

Ταξινόμηση	
Kingdom	<i>Animalia</i>
Phylum	<i>Chordata</i>
Class	<i>Actinopterygii</i>
Order	<i>Perciformes</i>
Family	<i>Sciaenidae</i>
Genus	<i>Argyrosomus</i>
Species	<i>Argyrosomus regius</i>

Το ψάρι *Argyrosomus regius* είναι γνωστό σαν γκρανιός ή κρανιός στους ψαράδες ενώ πολλοί πιστεύουν πως είναι διασταύρωση λαβρακιού με μυλοκόπι επειδή παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά με τα λαβράκια και τα μυλοκόπια. Και τα τρία αυτά είδη ανήκουν στην οικογένεια των σκανδανιδών. Ο *Argyrosomus regius* χαρακτηρίζεται από ανασηκωμένη ράχη σώμα δυνατό και λεπτό που στο πάνω μέρος φέρει ένα πρώτο κοντό ραχιαίο πτερύγιο που έχει ακτινοειδή λέπια και φέρει επίσης και ένα δεύτερο αρκετά μακρύ στηριζόμενο από περισσότερες από είκοσι ακτίνες σχετικά μαλακές. Το κεφάλι του είναι αρκετά μεγάλο και λεπτό με βλεννογόνους πόρους. Το στόμα είναι μεγάλο και τα δόντια είναι κυνοδοντόμορφα επειδή είναι ψάρι σαρκοβόρο και τρέφεται με ψάρια, κυρίως σαρδέλες και κέφαλους, τα οποία ακολουθεί και συλλαμβάνει με ευκολία. Του αρέσουν επίσης οι γαρίδες τα θράψαλα (είδος καλαμαριού), το ψαχνό από μύδια και τα σκουλήκια της θάλασσας. Τα μάτια

είναι αρκετά μικρά και η ράχη είναι γκρίζου σκούρου χρώματος. Τα πλευρά σκεπασμένα από λείπια μεσαίου σχήματος, είναι αργυρόχρωμα, η κοιλιά ανοιχτόχρωμη ή άσπρη γυαλιστερή. Τα πτερύγια είναι ροζ ή δυνατού κόκκινου χρώματος, καμιά φορά και κεραμιδί. Μπορεί να φτάσει σε μήκος μέχρι τα 2 μέτρα και βάρος 50 κιλά. Η ανάπτυξη επιτυγχάνεται κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Θεωρείται πολύτιμο ψάρι για το θαυμάσιο κρέας του.

Κατά την αναζήτηση τροφής ο *Argyrosomus regius* αφήνει έναν ιδιαίτερο ήχο που μπορεί ν' ακουστεί από μια κάποια απόσταση, και παράγεται από το χαλάρωμα ενός μέρους που μαζεύεται και απλώνεται με τις κινήσεις του ψαριού, ιδιαίτερα όταν κινείται κάθετα, κι έτσι ενισχύεται απ' τη νηκτική κύστη. Ο ήχος ακούγεται αρκετά καθαρά, στην περίπτωση της συνάντησης μιας μικρής ομάδας από μεγάλους κρانيούς, πράγμα που συμβαίνει όχι και τόσο σπάνια.

Αλιεύεται κυρίως τον χειμώνα με σταθερή πετονιά ή με συρτά δίχτυα σε αργό ρυθμό, στον βυθό της θάλασσας. Σε επαγγελματικό επίπεδο είναι πιο εύκολη η σύλληψη του με ακίνητο δίχτυ ή δίχτυ που σύρεται, γιατί λέγεται ότι επιτίθεται πιο εύκολα στα ψάρια που προηγουμένως έχουν πιαστεί στα δίχτυα [2]. Ο *Argyrosomus regius* βρίσκεται συνήθως σε όλη τη Μεσόγειο, στη Μαύρη Θάλασσα καθώς και στις ανατολικές ακτές του Ατλαντικού της Ευρώπης και της Αφρικής. Τα ψάρια του είδους *Argyrosomus regius*, όσο καιρό είναι ακόμη μικρά ζουν σε κοπάδια αντίθετα με τα μεγάλα που ζουν μόνα, διασκορπισμένα σε μεγάλη θαλάσσια περιοχή.

Μπορεί να εντοπισθούν στον πυθμένα της υφαλοκρητίδας αλλά και στην επιφάνεια κοντά στις ακτές σε ένα εύρος βάθους 15-200 m. (γι αυτό και μπορεί να αλιευθούν με συρτά δίχτυα από την όχθη αποφέροντας καλό κέρδος στους επαγγελματίες ψαράδες). Επίσης έχουν βρεθεί σε εκβολές ποταμών και παράκτιες λίμνες. Το υπό μελέτη είδος μπορεί να προσαρμοστεί σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα, παρουσιάζει υψηλά ποσοστά γονιμότητας και μέχρι στιγμής δεν έχει καταγραφεί καμία σημαντική παθολογική εκδήλωση [3].

Ο κρانيός (*Argyrosomus regius*) ανήκει στην κατηγορία των ειδών ψαριών τα οποία έχουν την δυνατότητα να αναπτυχθούν και σε ιχθυοκαλλιέργειες για

εμπορική εκμετάλλευση, κυρίως λόγω του γρήγορου ρυθμού ανάπτυξής του και της ποιότητας της σάρκας του [4], [5]. Η πρώτη εμπορική παραγωγή καταγράφηκε το 1997 στη Γαλλία. Από τότε η παραγωγή έχει επεκταθεί σταδιακά σε κοντινές περιοχές στην Ευρώπη [6].

## 1.2 Λιπίδια

Αρχικά ο ορισμός των λιπιδίων περιελάμβανε σε μία γενικότερη περιγραφή του, βιολογικές ουσίες υδρόφοβες από την φύση τους και σε πολλές περιπτώσεις διαλυτές στους οργανικούς διαλύτες (υδρογονάνθρακες, χλωροφόρμιο, βενζόλιο, αιθέρες, αλκοόλες). Οι χημικές αυτές ιδιότητες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα μορίων, όπως λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, στερόλες, σφιγγολιπίδια, τερπένια και άλλα.

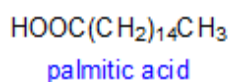
Στα πλαίσια μιας γενικότερης (comprehensive κατανοητής) ταξινόμησης των ουσιών αυτών, ως λιπίδια ορίζονται μικρά μόρια υδρόφοβα ή αμφίφιλα, τα οποία προέρχονται εξ ολοκλήρου ή εν μέρει από καρβανιονικές συμπυκνώσεις θειοεστέρων και ή από καρβο-κατιονικές συμπυκνώσεις ισοπρενικών ομάδων. Επί πλέον ανάλογα με τον αριθμό προϊόντων που προκύπτουν από την υδρόλυσή τους, τα λιπίδια διαιρούνται σε απλά (έως 2 προϊόντα) και σύνθετα (3 ή περισσότερα προϊόντα) [7]. Κάθε επιμέρους κατηγορία λιπιδίων έχει βρεθεί να έχει κάποιο μοναδικό βιολογικό ρόλο που διαφέρει από τη βασική τους λειτουργία ως πηγή ενέργειας ή απλής μονάδας κατασκευής μεμβράνης. Είναι πλέον αποδεκτό πως τα λιπίδια των μεμβρανών λειτουργούν επίσης ως μεταφορείς κυτταρικών συστατικών και ρυθμίζουν την κυτταρική σηματοδότηση (cellular signalling) και τις λειτουργίες των μεμβρανικών πρωτεϊνών [8].

Τα λιπαρά οξέα είναι οργανικές ενώσεις με μήκος αλυσίδας δύο ή περισσότερων ατόμων άνθρακα και με μια καρβοξυλική ομάδα στο ένα άκρο. Τα λιπαρά οξέα έχουν σαφώς καθορισμένα διαρθρωτικά χαρακτηριστικά, όπως οι *cis*-διπλοί δεσμοί που σε συγκεκριμένες θέσεις μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες προσδεδμένα σε συγκεκριμένους υποδοχείς. Σε εστεροποιημένη μορφή, μπορούν να διεισδύσουν στις μεμβράνες ή να μετατοπίζονται μέσα σε αυτές μεταφέροντας πληροφορίες σε άλλα κύτταρα. Κατά τη μεταφορά, συνήθως συνδέονται με πρωτεΐνες ώστε οι συγκεντρώσεις

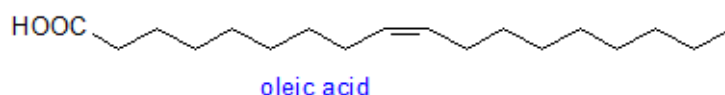
τους να είναι πολύ χαμηλές και να θεωρούνται ανενεργά μέχρι να φτάσουν στο χώρο δράσης και να συναντήσουν τον κατάλληλο υποδοχέα [8].

Τα λιπαρά οξέα μπορούν να είναι κορεσμένα ή ακόρεστα (μονοακόρεστα με ένα διπλό δεσμό ή πολυακόρεστα με περισσότερους διπλούς δεσμούς). Οι διαφορές στα φυσικά χαρακτηριστικά των λιπαρών οξέων, ιδιαίτερα των κορεσμένων λιπαρών σε σχέση με τα ακόρεστα, είναι εξαιρετικά σημαντικές για τα τρόφιμα και τη διατροφή [8].

Τα συνηθέστερα κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι ευθείας αλυσίδας και διαθέτουν άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, από 14 έως 20. Το πιο διαδεδομένο κορεσμένο λιπαρό οξύ στη φύση είναι το δεκαεξανοϊκό ή παλμιτικό οξύ (C16:0) και απαντάται στα λιπίδια σχεδόν όλων των ζώων και των φυτών. Επίσης συνηθισμένο είναι και το στεατικό οξύ (18:0) το οποίο μερικές φορές απαντάται σε μεγαλύτερες ποσότητες από ότι το παλμιτικό οξύ, ιδίως στα πολικά λιπίδια.



Στη φύση έχουν βρεθεί μονοακόρεστα λιπαρά οξέα *cis* διαμόρφωσης με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, από 10 έως 30, ευθείας αλυσίδας. Το πιο συνηθισμένο μονοακόρεστο λιπαρό οξύ είναι το ελαϊκό ή *cis*-9-δεκαοκτενοϊκό οξύ (C18:1), το οποίο είναι ένα από τα σημαντικότερα μέλη της οικογένειας των ω-9 λιπαρών οξέων. Επίσης άλλα διαδεδομένα *cis*-μονοακόρεστα λιπαρά οξέα είναι το παλμιτολεϊκό (C16:1 ω-7), το εικοσενοϊκό (C20:1 ω-9) και το εικοσιδύοενοϊκό (C22:1 ω-9) οξύ. Τα τελευταία απαντώνται κυρίως στο λίπος των ιχθυηρών. Λιπαρά οξέα με διπλούς δεσμούς με *trans* (or E) διαμόρφωση, ανιχνεύονται ενίοτε σε λίπος. Συνηθέστερα παράγονται μέσω της επεξεργασίας των τροφίμων [8].



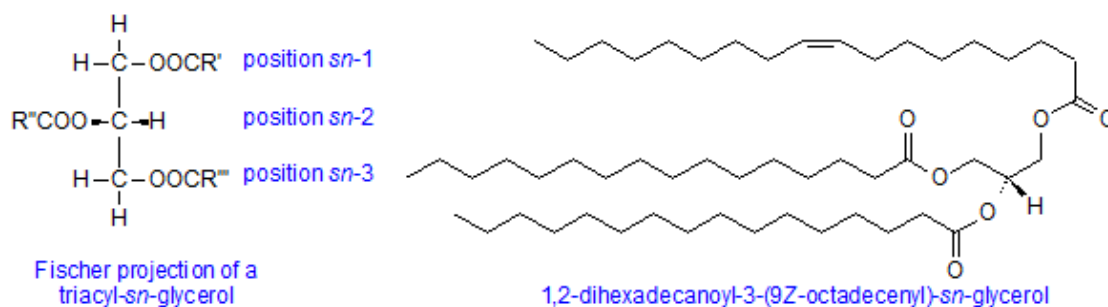
Οι διπλοί δεσμοί των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA), είναι από 2 μέχρι 6, *cis* διαμόρφωσης και μη συζυγισμένοι που γενικά χωρίζονται από μία μεθυλενική ομάδα. Οι πιο σημαντικές οικογένειες πολυακόρεστων λιπαρών

οξέων είναι η οικογένεια των ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων. Το πλέον συνηθισμένο πολυακόρεστο λιπαρό οξύ είναι το λινελαϊκό (*cis*-9, *cis*-12-δεκαοκταδιενοϊκό οξύ), το οποίο απαντάται στους περισσότερους ιστούς φυτών και ζώων. Το λινελαϊκό οξύ στα ζώα συνιστά πρόδρομο μιας οικογένειας λιπαρών οξέων τα οποία προκύπτουν με επιμήκυνση και περαιτέρω αποκορεσμό αυτού και είναι όλα ω-6 λιπαρά οξέα. Ένα ω-6 λιπαρό οξύ της οικογένειας αυτής είναι το αραχιδονικό οξύ, σημαντικό συστατικό των πολικών λιπιδίων ζωικής προέλευσης, αλλά σχεδόν ανύπαρκτο στα φυτικά λιπίδια [8]. Υπάρχουν δύο υποομάδες ω-3 πολυακόρεστων οξέων. Η πρώτη, δηλαδή το α-λινολενικό οξύ (C18:3), προέρχεται από φυτικά έλαια (κραμβέλαιο, λινέλαιο) ενώ η δεύτερη ομάδα προέρχεται από τα θαλασσινά. Τα πρωταρχικά θαλάσσια ω-3 PUFA είναι το εικοσαπενταενοϊκό οξύ (EPA, 20:5) και το εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ (DHA, 22:6) [9]. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), συμπεριλαμβανομένων του εικοσιδυοεξαενοϊκού οξέος (DHA), του εικοσιδυοπενταενοϊκού οξέος (DPA) και του εικοσαπενταενοϊκού οξέος (EPA) είναι φυσικά συστατικά της ανθρώπινης διατροφής [10]. Στην ανθρώπινη διατροφή, λιπαρά οξέα τα οποία προσλαμβάνονται κυρίως ως τριγλυκερίδια και φωσφογλυκερίδια συνεισφέρουν περίπου για το 35-40% της ενέργειας που παρέχεται από τα τρόφιμα, ενώ τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα συνεισφέρουν μόνο για το 5-6% περίπου της διατροφικής ενέργειας [11].

Τα λιπαρά οξέα που προέρχονται από τα ω-6 και ω-3 πολυακόρεστα οξέα λινελαϊκό οξύ και α-λινολενικό οξύ χαρακτηρίζονται απαραίτητα λιπαρά οξέα, διότι δεν μπορούν να συντεθούν στον οργανισμό και λαμβάνονται από την διατροφή. Τα απαραίτητα λιπαρά οξέα έχουν σημαντικά θρεπτικά και μεταβολικά αποτελέσματα. Τα λιπαρά οξέα που προέρχονται από το παλμιτολεϊκό και το ελαϊκό οξύ χαρακτηρίζονται ως μη απαραίτητα, εφόσον ο ανθρώπινος οργανισμός τα συνθέτει από κορεσμένα πρόδρομα λιπαρά οξέα [12].

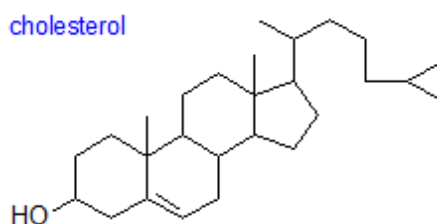
Το ποσό των απαραίτητων λιπαρών οξέων που πρέπει να λαμβάνεται με την τροφή δεν είναι τελείως καθορισμένο. Εμπειρικά υπολογίζεται ότι το 1% των λαμβανόμενων από τον οργανισμό θερμίδων πρέπει να προέρχεται από απαραίτητα λιπαρά οξέα [13].

Από τα ουδέτερα λιπίδια τα τριγλυκερίδια παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διατροφή. Τα τριγλυκερίδια των τροφίμων είναι είτε απλά (η γλυκερόλη είναι εστεροποιημένη με το ίδιο λιπαρό οξύ και στις τρεις θέσεις), είτε μικτά, περιέχουν δηλαδή περισσότερα από ένα διαφορετικά λιπαρά οξέα. Κάθε τρόφιμο περιέχει μια ποικιλία απλών και μικτών τριγλυκεριδίων που είναι χαρακτηριστική γι' αυτό [13].



Τα περισσότερα τριγλυκερίδια ζωικής προέλευσης λειτουργούν ως αποθήκες ενέργειας (στον λιπώδη ιστό), ενώ τριγλυκερίδια του πλάσματος ή του ήπατος μπορεί να έχουν ένα πιο δυναμικό ρόλο. Τα τριγλυκερίδια σε κυτταρικό επίπεδο είναι αδρανή και μάλιστα η εστεροποίηση με λιπαρά οξέα μπορεί να είναι μια μέθοδος απενεργοποίησης των στεροειδών ορμονών έως ότου αυτές πράγματι απαιτούνται [8].

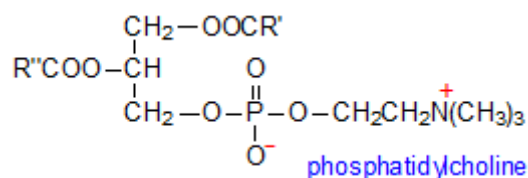
Η χοληστερόλη, είναι το πιο κοινό μέλος της ομάδας των στεροειδών στους ιστούς των ζώων. Είναι μια σημαντική βιολογική ένωση ευρέως διαδεδομένη στα τρόφιμα και υφίσταται άμεση οξείδωση κάτω από διαφορετικές συνθήκες καταλήγοντας σε ένα μεγάλο αριθμό προϊόντων οξείδωσης. Η εμφάνιση των οξειδίων χοληστερόλης στα τρόφιμα προκαλεί ανησυχία για τη δημόσια υγεία, σε συνδυασμό με τη διαδικασία οξείδωσης του λίπους που μπορεί να λάβει χώρα κατά την επεξεργασία ή αποθήκευση των τροφίμων [8].





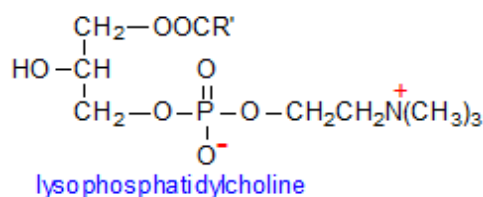
Η χοληστερόλη είναι συστατικό των μεμβρανών των κυττάρων και των λιποπρωτεϊνών του αίματος, είναι πρόδρομη ένωση ορμονών (ανδρογόνων, οιστρογόνων, ορμονών του φλοιού των επινεφριδίων) και χολικών αλάτων. Το σημαντικό ρόλο της χοληστερόλης στον οργανισμό επισκιάζει το γεγονός ότι η υψηλή συγκέντρωση χοληστερόλης στο αίμα θεωρείται παράγοντας επικινδυνότητας για την εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων [13].

Από τα πολικά λιπίδια η φωσφατιδυλοχολίνη ή λεκιθίνη, όπως είναι η κοινή της ονομασία, είναι το φωσφολιπίδιο που βρίσκεται σε μεγαλύτερες ποσότητες στα ζώα και στα φυτά, με ποσοστό που συχνά ανέρχεται στο 50% των ολικών φωσφολιπιδίων. Μαζί με την σφιγγομυελίνη είναι βασικό δομικό συστατικό και αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των λιπιδίων στην εξωτερική στιβάδα της κυτταρικής μεμβράνης των ζωικών κυττάρων [8].

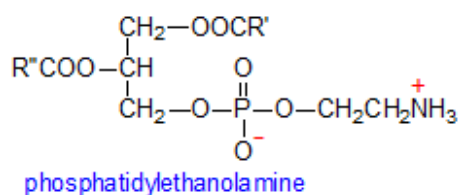


Είναι επίσης το κύριο φωσφολιπίδιο που κυκλοφορεί στο πλάσμα ως συστατικό των λιποπρωτεϊνών, κυρίως της HDL. Το μόριο της φωσφατιδυλοχολίνης ζωικής προέλευσης καταλαμβάνεται σχεδόν πάντα από κορεσμένα λιπαρά οξέα, ενώ η θέση *sn*-2 καταλαμβάνεται από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα με 18, 20 και 22 άτομα άνθρακα.

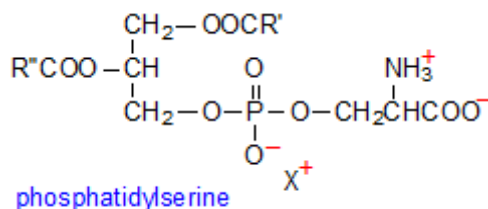
Η λυσο-φωσφατιδυλοχολίνη είναι παράγωγο υδρόλυσης της φωσφατιδυλοχολίνης με 1 mole λιπαρού οξέος ανά mole λιπιδίου στην *sn*-1 θέση. Βρίσκεται σε μικρές ποσότητες σε όλους τους ιστούς, όταν υπάρχει και φωσφατιδυλοχολίνη, μπορεί όμως να σχηματισθεί και κατά την εκχύλιση των λιποειδών από τους ιστούς, αν δεν δοθεί η κατάλληλη προσοχή. Έχει τέλος βρεθεί να είναι συστατικό οξειδωμένων λιποπρωτεϊνών (LDL) στο πλάσμα και αθηροσκληρωτικών αλλοιώσεων σε παθολογικές καταστάσεις [8].



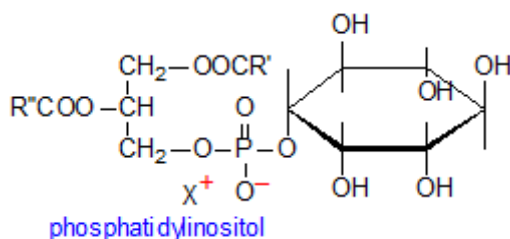
Η φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη ή κεφαλίνη είναι γενικά το δεύτερο σε αφθονία είδος φωσφογλυκεριδίου, μετά τη φωσφατιδυλοχολίνη. Βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες σε ζωικούς ιστούς, ενώ συχνά αποτελεί κύριο συστατικό των βακτηριακών μεμβρανών. Το μόριο της είναι ουδέτερο ή πολικό και σε σχέση με τη φωσφατιδυλοχολίνη ζωικής προέλευσης, όταν προέρχεται από τον ίδιο ιστό έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία εντοπίζονται στη θέση *sn*-2 [8].



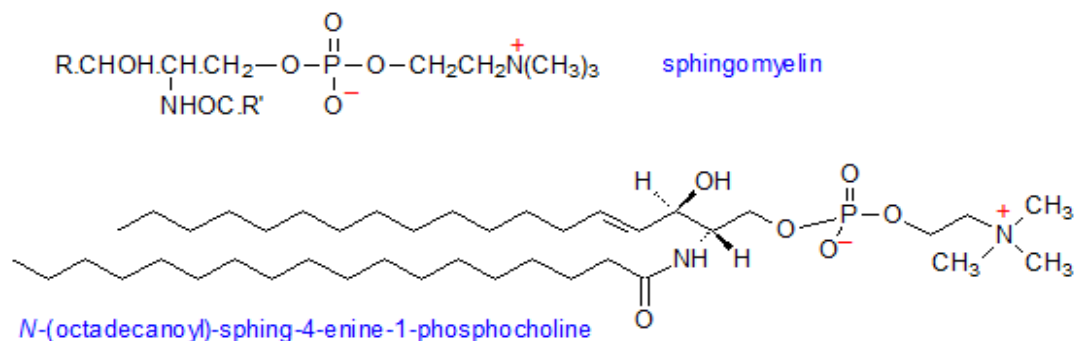
Η φωσφατιδυλοσερίνη ή 1,2-διάκυλο-*sn*-γλυκερο-3-φωσφο-L-σερίνη είναι το μόνο γλυκεροφωσφολιποειδές των ζωικών κυττάρων που περιέχει αμινοξύ. Αποτελεί κύριο συστατικό των λιποειδών του εγκεφάλου και των ερυθροκυττάρων και βρίσκεται σε μικρές ποσότητες στους περισσότερους ζωικούς και φυτικούς ιστούς και στα βακτήρια, με ποσοστό συνήθως μικρότερο του 10% των ολικών φωσφολιποειδών [8].



Η φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη είναι κοινό συστατικό ζωικών, φυτικών και βακτηριακών λιπιδίων. Το μόριο της συνίσταται από φωσφατιδικό οξύ ενωμένο, μέσω φωσφορικής ομάδας, με ινοσιτόλη, η οποία στους περισσότερους οργανισμούς έχει τη στερεοχημεία της μύο-D-ινοσιτόλης [8].



Η σφιγγομελίνη είναι σφιγγοφωσφολιπίδιο και αποτελείται από μια μονάδα κηραμιδίου συνδεδεμένη σε θέση 1 με ομάδα φωσφορυλοχολίνης. Είναι ένα σημαντικό συστατικό των πολικών λιπιδίων όλων των ζωικών ιστών, το οποίο δεν απαντάται στα φυτά ή τους μικροοργανισμούς.



Μοιάζει με την φωσφατιδυλοχολίνη σε πολλές από τις φυσικές της ιδιότητες, και μπορεί πιθανόν να υποκαταστήσει εν μέρει το ρόλο της στις κυτταρικές μεμβράνες, παρόλο που έχει επίσης δικό της μοναδικό ρόλο. Αποτελεί σημαντικό συστατικό της μεμβράνης των κυττάρων του πλάσματος, όπου συγκεντρώνεται με μόρια σφιγγογλυκολιπιδίων και χοληστερόλης σε καλά οργανωμένες υπο-ομάδες.

Η σφιγγομελίνη είναι πρόδρομη ένωση μια σειράς σφιγγολιπιδικών μεταβολιτών που έχουν σημαντικές λειτουργίες στην κυτταρική σηματοδότηση (cellular signalling), συμπεριλαμβανομένων των 1-φωσφορικών σφιγγοσινών στο πλαίσιο του «κύκλου της σφιγγομελίνης». Μια σωστή ισορροπία μεταξύ των διαφόρων μεταβολιτών είναι ζωτικής σημασίας για την καλή υγεία [8].

### 1.3 Λιπίδια των ιχθυηρών

Τα ψάρια και τα προϊόντα ψαριών παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου. Το εδώδιμο τμήμα των ψαριών είναι αρκετά μικρότερο συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα θερμόαιμα ζώα, αφού εκείνο που απορρίπτεται μπορεί να φτάσει έως και το 50%. Το κρέας των ψαριών πέπτεται ιδιαίτερα εύκολα και γρήγορα και επομένως έχει μικρή ικανότητα κορεσμού [14].

Η κατηγοριοποίηση των ψαριών μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Σύμφωνα με το περιβάλλον στο οποίο ζουν διακρίνονται σε θαλάσσια, γλυκών νερών και υφάλμυρων νερών [14]. Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε λιπίδια και πρωτεΐνες, τα ψάρια κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ, Ε οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 2 Κατηγοριοποίηση των ιχθυηρών με βάση την περιεκτικότητά τους σε λιπίδια και πρωτεΐνες [15]**

Κατηγορία	Περιεκτικότητα σε	
	Λιπίδια	Πρωτεΐνες
Α	Χαμηλή (<5%)	Υψηλή (15-20%)
Β	Μεσαία (5-15%)	Υψηλή (15-20%)
Γ	Υψηλή (>15%)	Χαμηλή (<15%)
Δ	Χαμηλή (<5%)	Πολύ υψηλή (>20%)
Ε	Χαμηλή (<5%)	Χαμηλή (<15%)

Η περιεκτικότητα των ψαριών σε λιπίδια ποικίλει ευρέως, τόσο μεταξύ διαφορετικών ειδών αλλά και μεταξύ ψαριών του ίδιου είδους, καθιστώντας έτσι αδύνατη την παρουσίαση μέσων όρων περιεκτικότητας σε λιπίδια. Οι διαφορές αυτές στη σύσταση των λιπιδίων είναι αναμενόμενη, διότι η περιεκτικότητα σε λιπίδια οφείλεται σε παράγοντες διατροφικούς (οι οποίοι είναι τυχαίοι), περιβαλλοντικούς, εποχικούς κ.α. Η απόθεση των λιπιδίων στα

ψάρια γίνεται στον μυϊκό ιστό (π.χ. ρέγκα, κυπρίνος), στο συκώτι (π.χ. μπακαλιάρος) ή στο έντερο (π.χ. χλούτσος, πέρκα) [15].

Γενικά πληροφορίες σχετικά με την περιεκτικότητα σε λίπος των διαφόρων ειδών ψαριών, την σύσταση των λιπιδίων τους (ουδέτερα, πολικά), την σύσταση των επί μέρους τάξεων των ουδετέρων, πολικών λιπιδίων και φωσφολιπιδίων καθώς και των λιπαρών τους οξέων, προκύπτουν από την διεθνή βιβλιογραφία καθώς και από μελέτες που έγιναν στο Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων από την ίδια ερευνητική ομάδα και αφορούν διαφορετικά είδη ψαριών όπως *Pagrus pagrus* (φαγκρί, πελαγίσιο, κατεψυγμένο και ιχθυοκαλιέργειας), *Trigla lura* (καπόνι), *Trachinus draco* (δράκαινα), *Spicara smaris* (μαρίδα) κ. α.

Σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες που έγιναν στο Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων και από την διεθνή βιβλιογραφία βρέθηκαν τα εξής:

Σε πελαγίσιο φαγκρί, το ποσοστό του συνολικού λίπους στο νωπό ιστό βρέθηκε  $0.90 \pm 0,03\%$  ( $51.43 \pm 0,51\%$  πολικά και  $48.57 \pm 0,51\%$  ουδέτερα λιπίδια), σε κατεψυγμένο φαγκρί  $0.81 \pm 0,09\%$  ( $45.5 \pm 1.40\%$  πολικά και  $54.5 \pm 1.70\%$  ουδέτερα λιπίδια) και σε φαγκρί ιχθυοτροφείου  $6.49 \pm 0.21\%$  ( $13.30 \pm 0,38\%$  πολικά και  $86.70 \pm 0,38\%$  ουδέτερα λιπίδια) [16], [17]. Σε νωπή μαρίδα το ποσοστό του λίπους βρέθηκε  $2.02 \pm 0.03\%$  [18].

Σε μελέτη που έγινε σε 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου βρέθηκε ότι το περιεχόμενο των λιπιδίων επί νωπού ιστού κυμαίνονταν από 1.67% έως 8.12% [19], ενώ σε 8 είδη ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 0.74% έως 3.64% [20].

Όσον αφορά την σύσταση των λιπαρών οξέων: Σε πελαγίσιο φαγκρί και σε φαγκρί ιχθυοτροφείου τα λιπαρά οξέα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στα ολικά λιπίδια των μυών βρέθηκε ότι ήταν τα παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό, λινελαϊκό, EPA και DHA [16], ενώ για φαγκρί κατεψυγμένο και ιχθυοτροφείου τα μυριστικό, παλμιτικό, παλμιτελαϊκό, στεατικό, ελαιικό, EPA και DHA [17].

Σε νωπή μαρίδα τα λιπαρά οξέα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στα ολικά λιπίδια των μυών βρέθηκε ότι ήταν τα μυριστικό, παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό, λινελαϊκό, EPA και DHA [18]. Αντίστοιχα σε 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου βρέθηκε ότι τα λιπαρά οξέα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στα ολικά λιπίδια των μυών ήταν τα παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό, EPA και DHA

[19], ενώ σε 8 είδη ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας βρέθηκαν τα παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό, παλμιτελαϊκό, EPA και DHA [20].

Γενικά, τα άπαχα ψάρια δεν είναι σημαντική πηγή θερμίδων. Τα λιπαρά ψάρια όμως, είναι μια σημαντική πηγή ενέργειας για πολλές κοινότητες που καταναλώνουν ψάρια, τόσο στις αναπτυγμένες όσο και αναπτυσσόμενες χώρες [21]. Δεδομένου ότι τα λιπίδια των θαλασσινών περιέχουν ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) κυρίως εικοσαπενταενοϊκό οξύ (EPA) και εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ (DHA), τα λιπαρά ψάρια παρέχουν στον καταναλωτή μεγαλύτερο ποσοστό EPA και DHA σε σχέση με τα άπαχα [22].

Σε λιπαρά ψάρια, όπως είναι ο μπακαλιάρος, ο τόνος, ο σολομός και το σκουμπρί, η συγκέντρωση των ολικών ω-3 λιπαρών οξέων κυμαίνεται από 0.1 έως 5.3 g/100 g [10], [21]. Η συνιστώμενη κατανάλωση ω-3 λιπαρών οξέων για υγιείς ενήλικες είναι 0.3-0.5 g/ημέρα EPA + DHA και περίπου 1 g/ημέρα για τα άτομα με ή σε υψηλό κίνδυνο ανάπτυξης στεφανιαίας νόσου (CHD) [23].

Η αναλογία ω-3/ω-6 είναι πολύ σημαντική για να μπορέσει να αξιολογηθεί η θρεπτική αξία του ψαριού, καθώς όσο μεγαλύτερη της μονάδας είναι, τόσο πιο ωφέλιμο θεωρείται για την ανθρώπινη διατροφή. Ειδικότερα σήμερα, που στις δυτικές χώρες η ανθρώπινη διατροφή αποτελείται κυρίως από ω-6 λιπαρά οξέα, τα ψάρια είναι απαραίτητα για τον οργανισμό αφού είναι πλούσια πηγή ω-3 λιπαρών οξέων [24].

Η αναλογία ω-3/ω-6 σε πελαγίσιο φαγκρί, σε φαγκρί ιχθυοτροφείου και σε κατεψυγμένο φαγκρί στους νωπούς μύες βρέθηκε ότι ήταν 4.84, 1.48 και 3.02 αντίστοιχα [16], [17] και σε μαρίδα 9.68 [18]. Σε 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου βρέθηκε ότι η αναλογία ω-3/ω-6 των μυών κυμαινόταν από 2.46 έως 5.58 [19].

Όσον αφορά την σύσταση των λιπαρών οξέων των επί μέρους τάξεων των φωσφολιπιδίων:

Η φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη (PI) στα ψάρια βρέθηκε ότι περιείχε μεγάλες ποσότητες C20:4 (ω-6), ενώ το μεγαλύτερο μέρος των φωσφολιπιδίων τους περιείχε μεγάλες ποσότητες (ω-3) PUFA που λαμβάνονται από τη διατροφή. Αυτή η χαρακτηριστική σύνθεση της PI, με μεγάλες ποσότητες C18:0 και C20:4 (ω-6), είναι παρόμοια με αυτή που βρέθηκε στα χερσαία θηλαστικά.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι αυτή η σύσταση των λιπαρών οξέων είναι μάλλον αυστηρά ελεγχόμενη [25].

### **1.3.1 Οφέλη από την κατανάλωση ψαριών ή ιχθυελαίων**

Έρευνες απέδειξαν την προστατευτική δράση της κατανάλωσης ψαριών στις καρδιακές παθήσεις, ανεξάρτητα από την υψηλή κατανάλωση λιπαρών και χοληστερόλης. Τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν τόσο αντιαθηρογεννητικές όσο και αντιθρομβωτικές ιδιότητες. Παράγοντες που σχετίζονται με την αθηροσκλήρωση είναι η υπέρταση, τα αυξημένα επίπεδα στο πλάσμα της χοληστερόλης, των τριγλυκεριδίων, των χαμηλής (LDL) και πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDL) λιποπρωτεϊνών και τα μειωμένα επίπεδα των υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (HDL). Τα ω-3 PUFA τείνουν να μειώσουν τα επίπεδα της χοληστερόλης, των τριγλυκεριδίων, των LDL και VLDL στο πλάσμα και να αυξήσουν τις HDL [12].

Αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν αποδείξει σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ψαριών και μειωμένης πιθανότητας εγκεφαλικού επεισοδίου. Όσον αφορά την εξάρτηση της υπέρτασης από την κατανάλωση ψαριών έχει παρατηρηθεί μείωση της συστολικής και διαστολικής πίεσης σε άτομα με μέτρια υπέρταση ενώ σε υγιή άτομα δεν παρατηρείται καμιά διαφορά. Τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα των ψαριών δρουν κατά της αρρυθμίας τόσο σε πειραματόζωα όσο και στον άνθρωπο. Επίσης θετική είναι η επίδρασή τους σε ασθένειες όπως ο διαβήτης και η ρευματοειδής αρθρίτιδα.

Μελέτες που αφορούν την ανάπτυξη του νευρικού συστήματος απέδειξαν ότι η ιδανική ανάπτυξή του και φυσιολογική λειτουργία του εγκεφάλου εξαρτώνται από την επαρκή λήψη DHA σε συγκεκριμένες περιόδους ωρίμανσης των νευρικών μεμβρανών. Τα πρόωρα βρέφη γεννιούνται με έλλειψη σε DHA και ARA καθώς αδυνατούν να τα συνθέσουν από μόνα τους, με πιθανό κίνδυνο την πρόκληση αιμορραγιών και την ανεπαρκή λειτουργική εξέλιξη και ανάπτυξη του εγκεφάλου τους. Έτσι καθίσταται απαραίτητη η συμπλήρωση της διατροφής τους είτε από το μητρικό γάλα, είτε από άλλα υποκατάστατα πλούσια σε αυτά τα λιπαρά οξέα. Το ίδιο ισχύει και για την ανάπτυξη της όρασης και του αναπαραγωγικού συστήματος. Η πιθανότητα εκδήλωσης κατάθλιψης εξαρτάται με αντίστροφο τρόπο από την συγκέντρωση των ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στο αίμα. Το ποσοστό κατάθλιψης είναι

χαμηλότερο σε κοινωνίες όπου η κατανάλωση ψαριών είναι μεγάλη. Σύμφωνα με έρευνα, στην Ιαπωνία το ποσοστό είναι 0.12% ενώ στις Η.Π.Α. είναι 3.0%. Η παρουσία άφθονου DHA στην διατροφή βελτιώνει την δυνατότητα εκμάθησης. Η έλλειψή του, σχετίζεται με εκδήλωση κυστικής ίνωσης, επιθετικής συμπεριφοράς, γεροντικής ανίας καθώς και των αρχικών συμπτωμάτων της νόσου Alzheimer. Τέλος, όσον αφορά τον καρκίνο, πειραματικά δεδομένα προτείνουν ότι τα ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα προάγουν την εμφάνιση και μετάσταση του καρκίνου του στήθους ενώ τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα δρουν προστατευτικά και στον καρκίνο του προστάτη, σε αντίθεση με τα ω-6 λιπαρά οξέα που μπορούν να ενισχύσουν τέτοιες καταστάσεις [26].

### **1.3.2 Κίνδυνοι από την κατανάλωση ψαριού**

Οι πιθανοί κίνδυνοι από την κατανάλωση ψαριών οφείλονται σε καρκινογόνες (DDT, PCBs, διοξίνες κ.ά) και μη καρκινογόνες (υδράργυρος) ενώσεις του περιβάλλοντος που υπάρχουν σε μικρές συγκεντρώσεις σε λίμνες, ποτάμια, θάλασσες και ωκεανούς και "συγκεντρώνονται" στα ψάρια μέσω της βιοσυσσώρευσης. Η έκθεση των ανθρώπων στις παραπάνω ουσίες, πολλές από τις οποίες έχουν μεγάλο χρόνο ημιζωής, οφείλεται κυρίως στην κατανάλωση ψαριών. Η κατανάλωση τέτοιων ουσιών μπορεί να ελαχιστοποιηθεί για τις λιποδιαλυτές ενώσεις με αφαίρεση του δέρματος και του εμφανούς λίπους του ψαριού [26].



## 1.4 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη

- α) της γενικής χημικής σύστασης (λίπος, υγρασία, τέφρα και πρωτεΐνη)
- β) της σύστασης των ολικών, πολικών, ουδετέρων λιπιδίων και των επί μέρους τάξεών τους
- γ) και της σύστασης των λιπαρών οξέων (κυρίως των ω-3 πολυακόρεστων) των ολικών, πολικών και ουδετέρων (τριγλυκεριδίων) λιπιδίων των μυών, κεφαλιού, δέρματος και ηπατοπαγκρέατος του *Argyrosomus regius*.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα δεδομένα κρανιού ιχθυοκαλλιέργειας. Τέλος, έγινε υπολογισμός διατροφικών δεικτών για την εκτίμηση της διατροφικής αξίας του *Argyrosomus regius*.

Ο λόγος που επιλέχθηκε το ψάρι *Argyrosomus regius* είναι ότι τα ψάρια αποτελούν σημαντικό κομμάτι της μεσογειακής διατροφής και το συγκεκριμένο είδος είναι δημοφιλές και δεν έχει μελετηθεί επαρκώς.

## 2 Κεφάλαιο 2: Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Συλλογή και επεξεργασία δειγμάτων

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν ψάρια του είδους *Argyrosomus regius*. Αρχικά μετρήθηκαν το ολικό μήκος και βάρος των δειγμάτων. Στην συνέχεια τα ψάρια πλύθηκαν με νερό, αφαιρέθηκαν τα λείπια και χωρίστηκαν σε τέσσερις ιστούς (μύες, κεφάλι, δέρμα και ηπατοπάγκρεας).

Δείγμα	Μ.Ο. Μήκους Δειγμάτων (cm)	Μ.Ο. Βάρος Δειγμάτων (g)
<i>Argyrosomus regius</i>	53	1420.8

### 2.2 Προσδιορισμός τέφρας

#### Όργανα

- Φούρνος
- Πυριαντήριο
- Πορσελάνινο χωνευτήριο
- Ζυγός ακριβείας

#### Αναλυτική πορεία

Σε προζυγισμένο χωνευτήριο πορσελάνης ζυγίζεται 1 g του δείγματος και τοποθετείται στο φούρνο στους ~200 °C για 2 h μέχρι σταθερού βάρους. Ακολούθως, το υπόλειμμα αφήνεται στους ~550 °C για 5 h μέχρι τέλειας καύσεως (αποτέφρωση). Αφού ψυχθεί μέχρι θερμοκρασίας περιβάλλοντος στον ξηραντήρα, ζυγίζεται το παραμένον άκαυστο υπόλειμμα και υπολογίζεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε τέφρα επί τοις εκατό [27].

## 2.3 Προσδιορισμός υγρασίας

### Λυοφυλίωση

#### Όργανα

- Labconco freezone 4.5

#### Αρχή μεθόδου

Η μέθοδος της λυοφυλίωσης στηρίζεται στην κατάψυξη του υλικού και στην κατά συνέχεια εξάχνωση του πάγου. Η εξάχνωση επιτυγχάνεται διατηρώντας μια διαφορά τάσης ατμών μεταξύ του μετώπου του πάγου του τροφίμου και του άμεσου περιβάλλοντος. Η πλήρης ξήρανση γίνεται σε τρία στάδια: α) Με την ψύξη το νερό απομακρύνεται από τα εφυδατωμένα συστατικά της τροφής σχηματίζοντας κρυστάλλους ή ευτηκτικά μίγματα (αυτό έγινε πριν την τοποθέτηση του υλικού στο θάλαμο ξήρανσης σε βαθιά κατάψυξη), β) με εξάχνωση απομακρύνεται ο πάγος και γ) το υγρό παραμένει στο σύστημα freeze-drying και εξατμίζεται με απλή ανύψωση της θερμοκρασίας [28].

Η μέθοδος στηρίζεται στην εξασφάλιση συνθηκών θερμοκρασίας και πίεσης κάτω από το τριπλό σημείο του νερού, δηλ. 0 °C και 4.7 mmHg. Το τριπλό σημείο του νερού προκύπτει από διαγράμματα πίεσης-θερμοκρασίας και είναι το σημείο στο οποίο τέμνονται η καμπύλη τάσης των κορεσμένων ατμών, η καμπύλη τήξεως και η καμπύλη εξάχνωσης, και στο οποίο συνυπάρχουν σε ισορροπία και οι τρεις φάσεις (στερό-υγρό-αέριο).

Η μέθοδος της λυοφυλίωσης πλεονεκτεί των υπολοίπων μεθόδων αφυδάτωσης καθώς έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα (α) δεν καταστρέφει τα θρεπτικά συστατικά του τροφίμου και επιπλέον διατηρεί τα πτητικά αρωματικά συστατικά του, (β) συντηρεί καλύτερα τα χαρακτηριστικά της δομής και εμφάνισης καθώς η συρρίκνωση είναι αμελητέα, (γ) τα δείγματα δεν αφρίζουν, δεν σκληραίνουν, δεν οξειδώνονται και (δ) δεν υφίστανται καμία μεταβολή στην μικροβιοχλωρίδα τους κατά την επεξεργασία αυτή.

Στην πράξη, η λυοφυλίωση γίνεται με πίεση μικρότερη του 1mm στήλης Hg και θερμοκρασία από -4 έως -16 °C. Αν το κενό διατηρείται στην περιοχή 0.1-2 mm Hg και η θερμοκρασία ελέγχεται ώστε να μην τήκεται ο πάγος, η εξάχνωση προχωρεί από την επιφάνεια και το μέτωπο του πάγου υποχωρεί προς το κέντρο του τροφίμου [29].

Ο υπολογισμός της υγρασίας γίνεται από τη διαφορά των τιμών βάρους της αρχικής και της τελικής ζύγισης του δείγματος.

## **2.4 Προσδιορισμός ολικού αζώτου - πρωτεϊνών με τη μέθοδο Kjeldahl**

### Αρχή μεθόδου

Η μέθοδος Kjeldahl (1886) είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη διεθνώς μέθοδος προσδιορισμού αζώτου στα τρόφιμα, με τις διάφορες βελτιώσεις και παραλλαγές της. Υπολογίζεται το ποσοστό του αζώτου και μετατρέπεται σε ποσοστό πρωτεΐνης με τον ειδικό συντελεστή για κάθε τρόφιμο. ( $\Sigma_{\psi\alpha\rho\iota\alpha} = 6.25$ ) [30].

### Αντιδραστήρια και όργανα

- Καταλύτες  $K_2SO_4$  και  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- π. $H_2SO_4$  ελεύθερο αζώτου
- NaOH 40%
- $H_3BO_3$  2%
- Δείκτης Mixed indicator acc. to SHER (BUCHI. Switzerland)
- HCl 0.1 M
- Συσκευή Kjeldahl
- Συσκευή απόσταξης
- Προχοϊδα

### Αναλυτική πορεία

Η απελευθερωμένη στο διάλυμα αμμωνία παραλαμβάνεται ποσοτικά με απόσταξη σε διάλυμα βορικού οξέος. Ζυγίζονται 0.5-1.0 g δείγματος και μεταφέρονται στη φιάλη Kjeldahl. Προστίθεται ο καταλύτης (14 g  $K_2SO_4$  και 1 g  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) και 20 mL π.  $H_2SO_4$  ελεύθερου αζώτου. Μεταφέρονται οι σωλήνες στη συσκευή Kjeldahl. Η καύση διαρκεί περίπου 45-60 min (το διάλυμα παίρνει ένα γαλαζοπράσινο χρώμα). Διακόπτεται η θέρμανση και μεταφέρονται οι σωλήνες εκτός συσκευής για να κρυώσουν. Προστίθεται διπλάσιος όγκος νερού (40 mL) από αυτόν του οξέος, τριπλάσιος όγκος NaOH 40% (60 mL) και πραγματοποιείται απόσταξη υπό υδρατμούς. Το

απόσταγμα συλλέγεται σε μια κωνική φιάλη η οποία περιέχει 60mL  $H_3BO_3$  2% και 1 mL δείκτη, ενώ το σωληνάκι της συσκευής μέσω του οποίου συλλέγεται το απόσταγμα θα πρέπει να είναι βυθισμένο στο διάλυμα του βορικού οξέος, ώστε να μην υπάρχει απώλεια αμμωνίας. Η απόσταξη διαρκεί 3-4 min περίπου, μέχρι να συλλεχθούν 100 mL περίπου αποστάγματος. Ακολουθεί τιτλοδότηση του περιεχομένου της κωνικής με υδροχλωρικό οξύ 0.1 M και σύμφωνα με τον όγκο που καταναλώνεται υπολογίζεται το ολικό άζωτο. Το διάλυμα στο τελικό σημείο έχει πορτοκαλί χρώμα. Για σύγκριση γίνεται τυφλός προσδιορισμός [30].

## 2.5 Απομόνωση λιπιδίων

### 2.5.1 Εκχύλιση ολικών λιπιδίων με τη μέθοδο Bligh-Dyer

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει την απομόνωση των λιπιδίων με τη μέθοδο Bligh & Dyer είναι η υγρασία που περιέχεται στον ιστό από τον οποίο πρόκειται να απομονωθούν τα λιπίδια. Τα λιπίδια παραλαμβάνονται από τον ιστό με εκχύλιση με μίγμα χλωροφορμίου-μεθανόλης-νερού τέτοιας αναλογίας ώστε να σχηματιστεί τελικό διφασικό σύστημα. Επομένως η γνώση της περιεχόμενης υγρασίας είναι απαραίτητη ώστε η ποσότητα του νερού που πρόκειται να προστεθεί να προσαρμοστεί κατάλληλα [31].

#### Αντιδραστήρια και όργανα

- Χλωροφόρμιο
- Μεθανόλη
- Νερό απεσταγμένο
- Αιθανόλη
- Συσκευή διήθησης Buchner
- Συσκευή συμπύκνωσης Flash Evaporator
- Ομογενοποιητής

#### Αναλυτική πορεία

Αναλόγως της περιεχόμενης υγρασίας του νωπού ιστού, το δείγμα εκχυλίζεται με διάλυμα χλωροφορμίου-μεθανόλης 1:2 (v/v) ανά 0.8 (v) περιεχομένου

νερού σε ομογενοποιητή. Το μίγμα του εκχυλίσματος διηθείται σε χωνί Buchner και το ίζημα-υπόλειμμα εκπλένεται με διάλυμα χλωροφορμίου-μεθανόλης-νερού 1:2:0.8 (v/v/v). Τα ενωμένα διηθήματα συλλέγονται και μεταφέρονται σε διαχωριστική χοάνη. Συμπληρώνεται ο όγκος με υπολογισμένες ποσότητες χλωροφορμίου και νερού, έτσι ώστε η αναλογία χλωροφορμίου-μεθανόλης-νερού να καταστεί περίπου ίση με 1:1:0.9 (v/v/v), προκειμένου να γίνει το σύστημα διφασικό. Γίνεται διαχωρισμός των δύο φάσεων στη χοάνη και παραλαμβάνεται η χλωροφορμική φάση (κάτω φάση), που περιέχει τα ολικά λιπίδια κάθε ιστού, για τη μελέτη των λιπιδίων. Εξατμίζεται ο διαλύτης σε περιστρεφόμενη συσκευή κενού (Flash Evaporator) στους 35 °C και το υπόλειμμα της φιάλης αναδιαλύεται σε διάλυμα χλωροφορμίου-μεθανόλης 9:1 (v/v) και φυλάσσεται σε θερμοκρασία ψύξης. Σε περίπτωση που κατά το διαχωρισμό των δύο φάσεων δημιουργηθεί γαλάκτωμα, προστίθεται NaCl και αναταράσσεται η χοάνη για να διαλυθεί το γαλάκτωμα [31].

## **2.5.2 Αναλυτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των λιπιδίων**

### **2.5.2.1 Σταθμικός προσδιορισμός**

Την απομόνωση των ολικών λιπιδίων ακολουθεί ο προσδιορισμός της περιεκτικότητάς τους στον ιστό από τον οποίο παρελήφθησαν.

#### Αντιδραστήρια και όργανα

- Φιαλίδια ζυγίσεως
- Σύστημα εξάτμισης αζώτου
- Ξηραντήρας κενού
- Ζυγός ακριβείας

#### Αναλυτική πορεία

Σε προζυγισμένα φιαλίδια ζυγίσεως φέρεται ποσότητα εκχυλίσματος λιπιδίων και ο διαλύτης εξατμίζεται με άζωτο. Κατόπιν, τοποθετείται το φιαλίδιο σε ξηραντήρα για 48h και ζυγίζεται μέχρι σταθερού βάρους. Η διαφορά βάρους του φιαλιδίου, δηλαδή το βάρος πριν και μετά, αποτελεί το ξηρό βάρος των λιπιδίων [31].

## 2.5.2.2 Αναλυτικός προσδιορισμός οργανικού φωσφόρου - φωσφολιπιδίων σε λιπιδικό δείγμα εν διαλύσει

### Αντιδραστήρια και όργανα

- Υπερχλωρικό οξύ 72% ( $\text{HClO}_4$ )
- Μολυβδαινικό αμμώνιο 0.4 %: Ζυγίζονται 2.125 g μολυβδαινικού αμμωνίου και διαλύονται σε απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 500 mL.
- Διάλυμα ANSA (άμινο-νάφθολο-σουλφονικό οξύ): Διαλύονται 30 g  $\text{NaHSO}_3$  (ή 28.5 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) και 6 g  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  σε 250 mL απεσταγμένο νερό. Στη συνέχεια προστίθεται και διαλύεται 0.5 g 1,2,4-άμινο-νάφθολο-σουλφονικού οξέος (ANSA). Το διάλυμα αφήνεται 3 h σε ηρεμία, και αν σχηματιστεί ίζημα, διηθείται. Φυλάσσεται σε ψυγείο και θεωρείται κατάλληλο προς χρήση για ένα μήνα από την ημέρα παρασκευής του.
- Αντιδραστήριο ANSA: Πριν την εκτέλεση του προσδιορισμού αναμιγνύονται διάλυμα ANSA και νερό σε αναλογία 2:3 (v/v).
- Πρότυπο διάλυμα  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ : Το  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ξηραίνεται στους 105 °C για 1 h. Διαλύονται 175.5 mg  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  σε 100 mL νερού. Ένα mL του διαλύματος αυτού, περιεκτικότητας 1.7575 mg/mL, αραιώνεται στα 100 mL οπότε προκύπτει διάλυμα περιεκτικότητας σε φώσφορο 4.0 μg/mL.
- Φασματόμετρο ορατού υπεριώδους (UV-VIS), Spectronic 210 της Bausch-Lomb
- Αμμόλουτρο ή ελαιόλουτρο ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας 170-180 °C
- Κυκλοαναδευτήρας
- Μακρόλαιμοι σωλήνες Pyrex

### Αναλυτική πορεία

Δείγματα λιπιδίων περιεκτικότητας 0.5-4.5 μg φωσφόρου, φέρονται σε σωλήνες Pyrex και εξατμίζεται ο διαλύτης σε ρεύμα αζώτου ή σε ρεύμα αέρα μέχρι ξηρού. Προστίθεται στην συνέχεια 0.5 mL  $\text{HClO}_4$  72 %. Παράλληλα, 0.5 mL  $\text{HClO}_4$  72 % προστίθεται και στους άλλους, άδειους σωλήνες Pyrex, οι οποίοι προορίζονται για τα πρότυπα δείγματα και τον τυφλό προσδιορισμό. Όλοι οι σωλήνες τοποθετούνται σε ελαιόλουτρο ή αμμόλουτρο θερμοκρασίας 170-180 °C για 1 h. Στη συνέχεια ψύχονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

και προστίθενται 1mL νερού, 3mL μολυβδαινικού αμμωνίου 0.4 % και 0.5 mL αντιδραστηρίου ANSA. Μετά από κάθε προσθήκη αντιδραστηρίου, ακολουθεί έντονη ανάδευση σε κυκλοαναδευτήρα. Στους σωλήνες των προτύπων τίθενται αντίστοιχα 0.2, 0.5 και 1.0 mL πρότυπου διαλύματος  $KH_2PO_4$  και νερό μέχρι συνολικού όγκου 1.0mL. Στους σωλήνες που αφορούν τον τυφλό προσδιορισμό, τίθενται 1.0 mL νερού και τα υπόλοιπα αντιδραστήρια. Κατόπιν, οι σωλήνες τοποθετούνται σε ζέον υδρόλουτρο για 10min και μετά ψύχονται για 20min ώστε να αναπτυχθεί πλήρως το χρώμα. Τα πρότυπα και τα δείγματα φωτομετρούνται στα 820 nm, ενώ πριν από κάθε φωτομέτρηση απαιτείται συνεχής ανάδευση των δειγμάτων, έτσι ώστε το χρώμα να κατανέμεται ομοιόμορφα [32]. Υπολογίζεται το ποσοστό του οργανικού φωσφόρου και μετατρέπεται σε ποσοστό φωσφολιπιδίων με τον ειδικό συντελεστή ( $\Sigma\psi\acute{\alpha}\rho\iota\alpha = 26$ ).

### **2.5.3 Χρωματογραφικές μέθοδοι για το διαχωρισμό και την ανάλυση των λιπιδίων (Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας)**

#### **2.5.3.1 Αναλυτική χρωματογραφία υψηλής απόδοσης λεπτής στιβάδας (HPTLC)**

##### Αρχή μεθόδου

Το μίγμα των ουσιών που πρόκειται να διαχωριστεί, τοποθετείται υπό μορφή κηλίδας πάνω σε λεπτή στιβάδα κοκκοποιημένου ξηρού υλικού (Silica Gel G), σε έτοιμες πλάκες τύπου HPTLC Silica Gel G διαστάσεων 10×10 cm και πάχους 0.25 mm της Merck. Οι πλάκες χωρίσθηκαν σε παράλληλες κάθετες λωρίδες πλάτους 1.5-2.0 cm και το διάλυμα του δείγματος ή του πρότυπου λιπιδίου τοποθετήθηκε με μικροσύριγγα σε κάθε λωρίδα σε ύψος περίπου 2 cm. Η ανάπτυξη της χρωματογραφικής πλάκας έγινε σε κορεσμένο θάλαμο με το κατάλληλο σύστημα διαλυτών ανάπτυξης. Όταν το μέτωπο του διαλύτη έφθασε μέχρι το επιθυμητό ύψος οι πλάκες ανασύρθηκαν από το θάλαμο και παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος να στεγνώσουν. Το μίγμα διαλυτών (σύστημα ανάπτυξης) καθώς περνάει μέσα από τον προσροφητή, λόγω τριχοειδών φαινομένων, παρασύρει τα λιπιδικά μόρια και έτσι προκαλεί το διαχωρισμό των συστατικών του μίγματος λόγω της διαφορετικής



μετανάστευσης αυτών [33]. Συγκεκριμένα, στο ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης γίνεται διαχωρισμός των ουδέτερων λιπιδίων, ενώ στο πολικό διαχωρίζονται τα πολικά λιπίδια. Σε δεδομένο σύστημα διαλυτών κάθε λιποειδική έχει διαφορετική κινητικότητα η οποία εκφράζεται με το λόγο μετώπου  $R_f$ . που ορίζεται ως η απόσταση που διατρέχει κάθε ουσία προς το μέτωπο του διαλύτη. Κάθε ουσία έχει μια τιμή  $R_f$  που μετράται κάτω από ορισμένες συνθήκες (διαλύτες, θερμοκρασία, τύπος ανάπτυξης, ανερχόμενη ή κατερχόμενη κλπ). Επειδή όμως παρεμβαίνουν τόσες μεταβλητές, η τιμή  $R_f$  μιας ουσίας είναι μια κατά προσέγγιση ένδειξη της ταυτότητάς της. Γι' αυτό, κοινή πρακτική για να χρωματογραφήσουμε ένα μίγμα στο οποίο αναμένουμε γνωστά λιπίδια, είναι να χρωματογραφήσουμε μαζί και ένα μίγμα πρότυπων λιπιδίων. Έτσι, με σύγκριση των τιμών  $R_f$  μπορεί να γίνει ταυτοποίηση των συστατικών του μίγματος [34].

### Όργανα

- Μικροσύριγγες Hamilton
- Θάλαμοι ανάπτυξης που κλείνουν αεροστεγώς
- Γυάλινη συσκευή ψεκασμού
- Πλάκες HPTLC Silica Gel G διαστάσεων 10x10 cm (Merck)

### Αντιδραστήρια

- Πρότυπο διάλυμα λιπιδίων (από κρόκο αυγού)
- Διάλυμα του είδους των λιπιδίων που θα διαχωριστούν (ολικά, πολικά, ουδέτερα)
- Συστήματα ανάπτυξης για το διαχωρισμό των λιπιδίων
  - Ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης: πετρελαϊκός αιθέρας–δισυλθεθαίρας–οξικό οξύ 70:30:1 (v/v/v)
  - Πολικό σύστημα ανάπτυξης: χλωροφόρμιο–μεθανόλη–οξικό οξύ–νερό 50:25:6:2 (v/v/v/v)

### Εμφάνιση του χρωματογραφήματος

Η εμφάνιση του χρωματογραφήματος γίνεται με διάφορους τρόπους που είτε καθιστούν όλα τα λιπίδια ορατά είτε μόνο συγκεκριμένες τάξεις λιπιδίων ή χαρακτηριστικές ομάδες αυτών. Όπου απαιτείται ψεκασμός χρησιμοποιείται ειδικός γυάλινος ψεκαστήρας.

#### i. Έκθεση σε ατμούς ιωδίου

Όλα τα είδη λιπιδίων εμφανίζονται με τη μορφή κίτρινων ή καστανόχρωμων κηλίδων, οι οποίες εξαχνώνονται με την παραμονή στον αέρα. Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί, γιατί είναι απλή και σύντομη, ενώ επιτρέπει στη συνέχεια και τη χρήση άλλων αντιδραστηρίων εμφάνισης. Η εμφάνιση πραγματοποιείται με τοποθέτηση της πλάκας σε θάλαμο που περιέχει κρυστάλλους ιωδίου [35].

#### ii. Αντιδραστήριο νινυδρίνης

Με το αντιδραστήριο αυτό, κάθε ένωση η οποία περιέχει ελεύθερη αμινομάδα εμφανίζεται με τη μορφή κόκκινης-ροζ κηλίδας. Πρόκειται δηλαδή, για αντιδραστήριο εμφάνισης αμινοξέων, αμινών και αμινοσακχάρων. Ψεκάζεται η πλάκα ομοιόμορφα με διάλυμα 0.2% (w/v) νινυδρίνης σε αιθανόλη και μετά θερμαίνεται στους 110 °C για 10 min ώστε να αναπτυχθεί πλήρως το χρώμα [31].

#### iii. Αντιδραστήριο Dittmer-Lester

Είναι ειδικό αντιδραστήριο εμφάνισης των φωσφο(νο)λιπιδίων.

Παρασκευάζεται με την ανάμιξη των παρακάτω διαλυμάτων [36]:

- Διάλυμα A: 40.11 g  $\text{MoO}_3$  διαλύονται σε 1 L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  25 N. Η διάλυση υποβοηθείται με ελαφρύ βρασμό του δείγματος.
- Διάλυμα B: Προστίθενται 1.78 g σκόνης μεταλλικού μολυβδαινίου σε 500 mL διαλύματος A και το μίγμα βράζεται για 15 min.

Για την παρασκευή του αντιδραστηρίου ψεκασμού, ενώνονται ίσοι όγκοι των διαλυμάτων A και B και προστίθεται διπλάσιος όγκος νερού έτσι ώστε το διάλυμα να γίνει μπλε με πρασινωπή απόχρωση (με περισσότερο νερό το διάλυμα γίνεται κίτρινο ενώ με λιγότερο παραμένει μπλε). Στη συνέχεια η πλάκα ψεκάζεται ομοιόμορφα και σε 15 min οι κηλίδες που έχουν φώσφορο γίνονται μπλε [37].

#### 2.5.3.2 Παρασκευαστική χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC)

Πρόκειται για χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας όπου, μετά το χρωματογραφικό διαχωρισμό τα συστατικά αποξέονται και εκχυλίζονται από το silica, οπότε και παραλαμβάνονται απομονωμένα σε καθαρή μορφή.

## Όργανα

- Μικροσύριγγες Hamilton
- Θάλαμοι ανάπτυξης που κλείνουν αεροστεγώς
- Πλάκες Silica Gel G-50 διαστάσεων 20x20 cm και πάχους 0.5 mm (Merck)
- Κυκλοαναδευτήρας
- Φυγόκεντρος
- Διαχωριστική χοάνη
- Συσκευή συμπύκνωσης Flash Evaporator

## Αντιδραστήρια

- Πρότυπο διάλυμα λιπιδίων (από κρόκο αυγού)
- Διάλυμα του είδους των λιπιδίων που θα διαχωριστούν (ολικά, πολικά, ουδέτερα)
- Συστήματα ανάπτυξης για το διαχωρισμό των λιπιδίων
  - Ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης: πετρελαϊκός αιθέρας–δισυθλαίρας–οξικό οξύ 70:30:1 (v/v/v)
  - Πολικό σύστημα ανάπτυξης: χλωροφόρμιο–μεθανόλη–οξικό οξύ–νερό 50:25:6:2 (v/v/v/v)

Στις παρασκευαστικές TLC χαράσσονται 1-2 λωρίδες για την τοποθέτηση των προτύπων, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα των πλακών τοποθετούνται 0.6-1.0 mL διαλύματος δείγματος περιεκτικότητας 50 μg/mL. Η ανάπτυξη της χρωματογραφικής πλάκας γίνεται σε προκεκορεσμένο θάλαμο (επιτυγχάνεται με επικάλυψη των τοιχωμάτων του με διηθητικό χαρτί) με το κατάλληλο σύστημα διαλυτών ανάπτυξης. Μετά από την ανάπτυξη του χρωματογραφήματος η πλάκα αφήνεται στον απαγωγό προς πλήρη εξάτμιση του διαλύτη και εμφανίζεται μετά από έκθεση σε ατμούς ιωδίου. Οι προς απόξεση ζώνες προσημειώνονται περιγραμματικά. Αποξύνεται το silica-gel από τις ζώνες της πλάκας, που περιέχουν τα ήδη διαχωρισμένα λιποειδή, μεταφέρεται σε σωλήνες φυγοκέντρου και διαλύεται σε 30 mL διαλύτη Bligh-Dyer (χλωροφόρμιο-μεθανόλη-νερό 1: 2: 0.8 v/v/v. αρχικά προσθήκη 10 ml διαλύματος για μια καλή ανάδευση και στη συνέχεια συμπλήρωση μέχρι 30 ml). Το διάλυμα αναδεύεται ισχυρά για 1-2 min, φυγοκεντρείται στις 2000 rpm για 10 min και αποχύνεται το υπερκείμενο υγρό σε ογκομετρικό κύλινδρο.

Επαναλαμβάνεται η εκχύλιση άλλες δύο φορές. συμπληρώνεται ο όγκος των ενωμένων εκχυλισμάτων μέχρι 95 mL με τον ίδιο διαλύτη και μεταφέρεται σε διαχωριστική χοάνη. Προστίθενται ακόμα 25 mL χλωροφορμίου και 25 mL νερού και το διάλυμα αναδεύεται. Το περιεχόμενο αφήνεται μια νύχτα στο ψυγείο, προς διαχωρισμό των φάσεων. Συλλέγεται η κάτω χλωροφορμική φάση, η οποία περιέχει τα λιπίδια, ενώ απομακρύνεται ο διαλύτης σε περιστρεφόμενη συσκευή απόσταξης κενού και το υπόλειμμα αναδιαλύεται σε χλωροφόρμιο-μεθανόλη 9:1 v/v [37].

### **2.5.3.3 Iatroscan (TLC / FID) Ποιοτική και Ποσοτική Ανάλυση**

#### Αρχή μεθόδου

Το Iatroscan MK-6 (TLC / FID–FPD Analyser) (Iatron Laboratories, Tokyo, Japan) είναι ένα αυτόματο σύστημα ανίχνευσης λιπιδικών συστατικών. Διαχωρίζει τα λιπιδικά συστατικά με χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC) χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή ιοντισμού με φλόγα υδρογόνου (F.I.D.) και ένα φωτομετρικό ανιχνευτή (F.P.D.). Η ανάπτυξη του χρωματογραφήματος για το διαχωρισμό των συστατικών πραγματοποιείται σε ράβδους λεπτής στιβάδας από χαλαζία, τα Chromarods. Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η ποιότητα των διαχωρισμών και η ακρίβεια και σαφήνεια των αποτελεσμάτων [38].

Η ανάπτυξη των Chromarods πρέπει να γίνεται υπό σταθερή θερμοκρασία, καθώς η μεταβολή αυτής επηρεάζει την ανάπτυξη του χρωματογραφήματος, όπως και τη διαχωριστική ικανότητα.

Τα Chromarods είναι ράβδοι χαλαζία λεπτής στιβάδας επιστρωμένες με κατάλληλο ανόργανο προσροφητικό υλικό (Silica-gel ή Alumina). Είναι τοποθετημένα καθ' όλην τη διάρκεια της πειραματικής διεργασίας σε μεταλλικό πλαίσιο χωρητικότητας δέκα ράβδων και με βαθμονόμηση του ύψους των ράβδων (1-100 mm).

Η συνολική συγκέντρωση του προς ανάλυση δείγματος εν διαλύσει θα πρέπει να κυμαίνεται από 10 έως 20 mg/mL (1-2% w/v). Το διάλυμα του δείγματος τίθεται στην κάθε ράβδο με μικροσύριγγα σε καθορισμένη απόσταση από τη βάση της ράβδου και ο όγκος που επιλέγεται για καλύτερο διαχωρισμό είναι 1.0  $\mu$ L (2-5  $\mu$ g/κορυφή ή συστατικό του δείγματος). Το σημείο θέσης της κηλίδας του διαλύματος του δείγματος σε κάθε ράβδο είναι καθορισμένο και

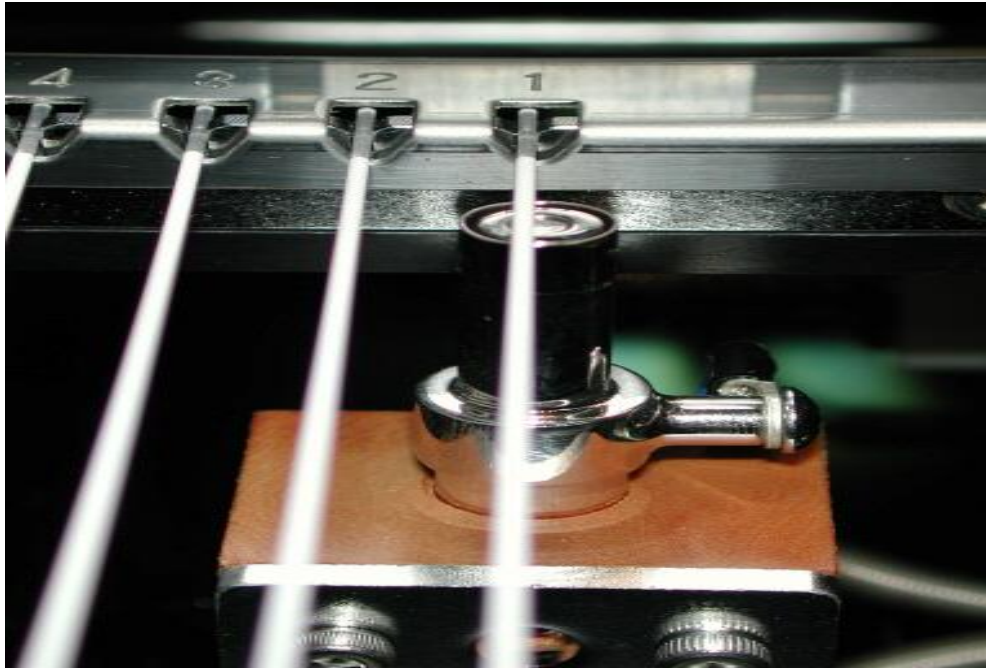
επιλέγεται με την τοποθέτηση του μεταλλικού πλαισίου με τις ράβδους σε κατάλληλη γυάλινη βάση που διαθέτει μια άσπρη γραμμή-οδηγό, βάση της οποίας τίθεται η κάθε κηλίδα.

Η ανάπτυξη γίνεται σε απόσταση καθορισμένη από τη βάση της ράβδου και πάντα μικρότερη από το άνω άκρο αυτής (10cm). Η απόσταση ανάπτυξης δεν πρέπει να διαφοροποιείται σε κάθε μέτρηση, διότι όταν μεταβάλλεται επηρεάζει σημαντικά την απόσταση που διανύουν οι κηλίδες των συστατικών ( $R_f$ ), όπως και το εμβαδό των κορυφών στο χρωματογράφημα (peak area). Όσο μεγαλύτερο είναι το μέτωπο του διαλύτη (απόσταση που διανύει η κινητή φάση) τόσο αυξάνεται το  $R_f$  κάθε συστατικού και μειώνεται το εμβαδόν των κορυφών, οπότε εξασφαλίζεται καλύτερη διαχωριστική ικανότητα.

Η ευαισθησία του ανιχνευτή ιοντισμού με φλόγα υδρογόνου (F.I.D.) εξαρτάται από την ταχύτητα ροής του αέρα και του υδρογόνου, όπως και από την ταχύτητα σάρωσης των ράβδων από τον καυστήρα. Η βέλτιστη ροή αέρα και υδρογόνου είναι αντίστοιχα 2 L/min και 160 mL/min. Μικρότερη ροή υδρογόνου μειώνει τη θερμοκρασία της φλόγας και μπορεί να επιφέρει ατελή καύση ορισμένων συστατικών. Τέλος, η ταχύτητα σάρωσης των ράβδων από τον καυστήρα μπορεί να κυμανθεί από 10 έως 60 s/ράβδο, επιλέγεται δε ως βέλτιστη η τιμή των 20-30 s/ράβδο (0.50-0.33 cm/sec) [38].



**Εικόνα 1 Iatronscan MK-6 (TLC / FID – FPD Analyser) (Iatron Laboratories. Tokyo. Japan)**



**Εικόνα 2 Καύση των Chromarods με την φλόγα υδρογόνου**

### Οργανολογία

- Iatroscan MK-6 (TLC / FID–FPD Analyser) (Mitsubishi Kagaku Iatron. Inc., Tokyo.Japan)
- Chromarods: Types SIII (Silica gel type)
- Ανιχνευτής: Hydrogen flame ionization detector (F.I.D.)
- Ροή υδρογόνου: 160 mL/min
- Ροή αέρα: 2 L/min
- Ταχύτητα σάρωσης των ράβδων από τον καυστήρα: 30 s/ράβδο (0.33 cm/sec)

### Διαλύματα προτύπων λιπιδίων σε χλωροφόρμιο

- |                               |       |
|-------------------------------|-------|
| ▪ Εστέρες στερολών            | (99%) |
| ▪ Χοληστερόλη                 | (99%) |
| ▪ 1.2 Διγλυκερίδια            | (99%) |
| ▪ Μονογλυκερίδια              | (99%) |
| ▪ Τριγλυκερίδια               | (99%) |
| ▪ Ελεύθερα λιπαρά οξέα        | (99%) |
| ▪ Φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη     | (99%) |
| ▪ Φωσφατιδυλοχολίνη           | (99%) |
| ▪ Φωσφατιδυλοσερίνη           | (99%) |
| ▪ Λυσοφωσφατιδυλοαιθανολαμίνη | (99%) |
| ▪ Σφιγγομυελίνη               | (99%) |
| ▪ Λυσοφωσφατιδυλοχολίνη       | (99%) |
| ▪ Φωσφατιδυλοϊννοσίτης        | (99%) |

### Αναλυτική πορεία

Λαμβάνονται μίγματα λιπιδίων (ολικά, ουδέτερα ή πολικά), εξατμίζονται μέχρι ξηρού με ρεύμα αζώτου και το υπόλειμμα αναδιαλύεται σε χλωροφόρμιο/μεθανόλη (9:1 v/v) προς σχηματισμό διαλύματος συγκέντρωσης 10-20 mg/mL. Από κάθε δείγμα λιπιδίων λαμβάνονται 0.5-1.0 mL διαλύματος και τοποθετούνται με μικροσύριγγα σε απόσταση 1.00 cm από το ένα άκρο της ράβδου [11].

Λαμβάνονται διαλύματα πρότυπων λιπιδίων (εστέρες στερολών, χοληστερόλη, διγλυκερίδια, μονογλυκερίδια, τριγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα, φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη, φωσφατιδυλοχολίνη, φωσφατιδυλοσερίνη, σφιγγομυελίνη, λυσοφωσφατιδυλοαιθανολαμίνη, λυσοφωσφατιδυλοχολίνη, φωσφατιδυλοϊννοσίτης καθαρότητας 99%) ίδιας συγκέντρωσης. Οι ράβδοι τοποθετούνται στη συνέχεια σε κορεσμένο θάλαμο με κατάλληλο σύστημα διαλυτών ανάπτυξης. Όταν ολοκληρωθεί η ανάπτυξη, οι ράβδοι ανασύρονται από το θάλαμο και αφήνονται μέχρι πλήρους εξάτμισης των διαλυτών. Μια ράβδος (η πρώτη συνήθως) λαμβάνεται κενή ώστε να χρησιμοποιηθεί για λευκό προσδιορισμό. Ακολουθεί τοποθέτηση των ράβδων στο θάλαμο του Iatroscan και καύση των διαχωρισμένων λιπιδίων με φορά από το μέτωπο του διαλύτη προς το σημείο τοποθέτησης των δειγμάτων. Για δείγματα ολικών λιπιδίων επιτυγχάνεται πλήρης διαχωρισμός τους σε ουδέτερα και πολικά λιπίδια με τα παρακάτω συστήματα διαλυτών ανάπτυξης [38].

**Πίνακας 3** *latroscan* ανάλυση μίγματος προτύπων ουδετέρων λιπιδίων σε ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης-H : DE : FA (60 : 15 :1.5. by vol.) [38]

Χρόνος εκλούσεως						
Sterol Esters	TG	FFA	Sterols	1.2-DG	MG	PL
0.02-0.04	0.07-0.10	0.11-0.12	0.20-0.24	0.31-0.34	0.36-0.39	0.42-0.45

Απόσταση αναπτύξεως: 10 cm.

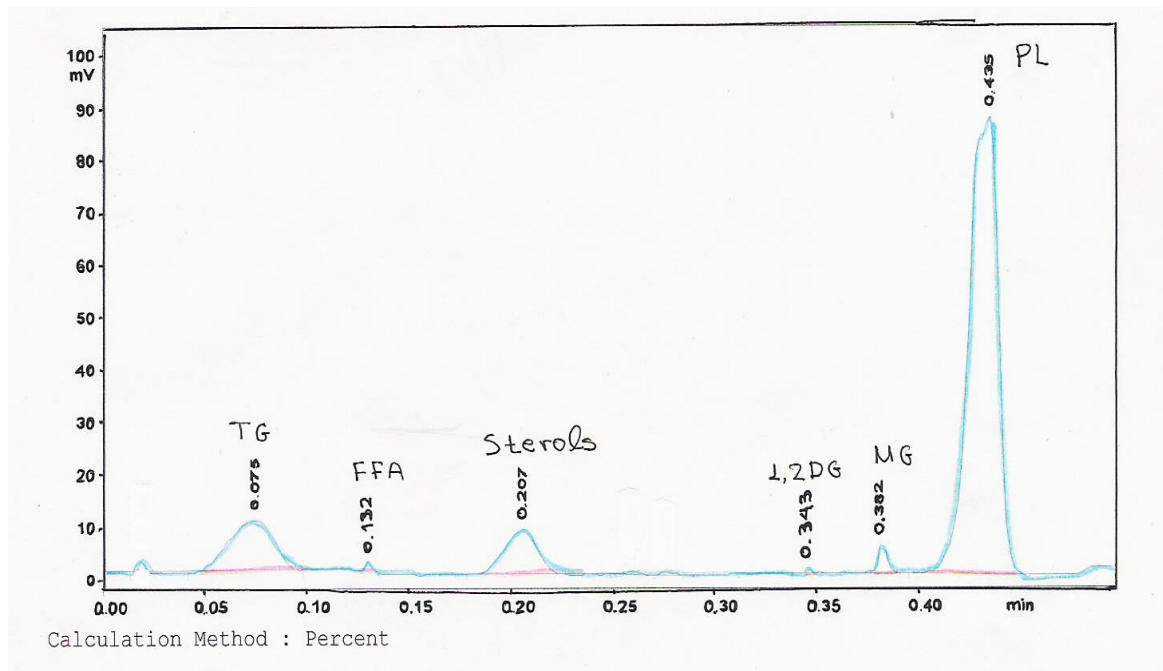
**Πίνακας 4** *latroscan* ανάλυση μίγματος προτύπων πολικών λιπιδίων σε πολικό σύστημα ανάπτυξηςC : M : W (50 : 20 :2.by vol.) [38]

Χρόνος εκλούσεως						
PE	PI	PS	I-PE	PC	Sphm	I-PC
0.09-0.11	0.11-0.14	0.14-0.18	0.22-0.23	0.26-0.28	0.34-0.35	0.38-0.39

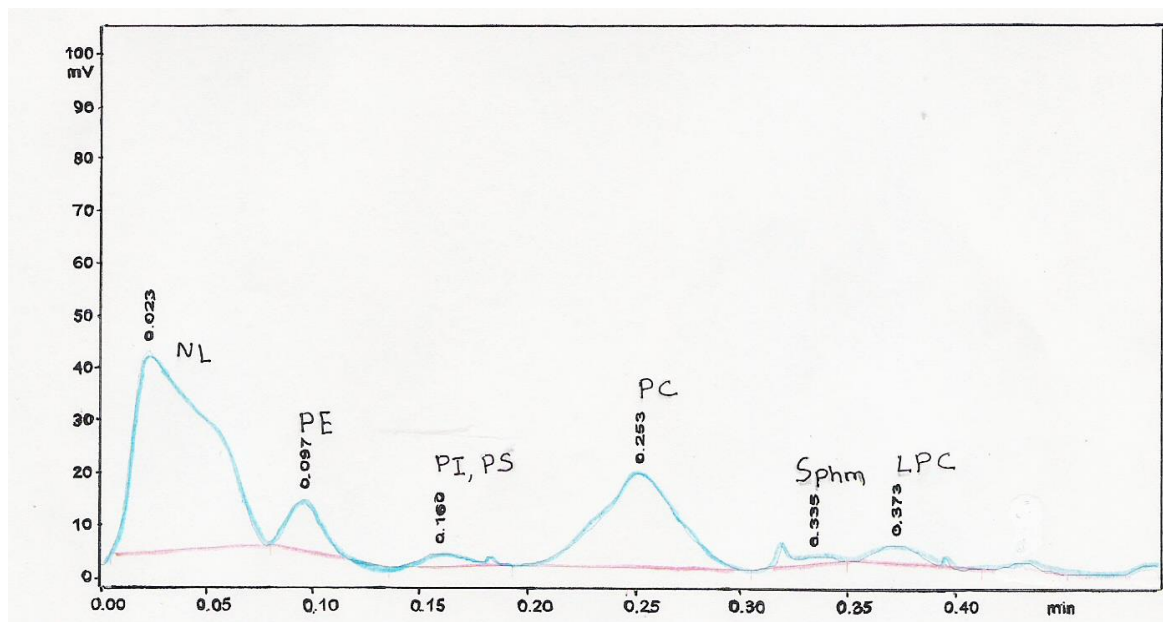
Απόσταση αναπτύξεως: 10 cm

Στη συνέχεια παρατίθενται χρωματογραφήματα *latroscan* ανάλυσης σε ουδέτερο και πολικό σύστημα ανάπτυξης.





Σχήμα 1 Χρωματογράφημα από Iatroscan ανάλυση. Ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης η-εξάνιο-διαιθυλαιθέρας- φορμικό οξύ (n-H : DE : FA) 60 : 15 :1.5 (v/v/v). Διαχωρισμός μίγματος προτύπων ουδετέρων λιπιδίων [38]



Σχήμα 2 Χρωματογράφημα από Iatroscan ανάλυση. Πολικό σύστημα ανάπτυξης χλωροφόρμιο-μεθανόλη-νερό (C : M : W ) 50: 20 :2 (v/v/v). Διαχωρισμός μίγματος προτύπων πολικών λιπιδίων [38]

#### 2.5.3.4 Αεριοχρωματογραφική ποιοτική και ποσοτική ανάλυση (GC)

##### Αρχή μεθόδου

Είναι τεχνική ανάλυσης μιγμάτων πτητικών ενώσεων ή ενώσεων που καθίστανται πτητικές. Χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό, την ταυτοποίηση και τον ποσοτικό προσδιορισμό λιπαρών οξέων, στερολών, φυτοπροστατευτικών κ.α.. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με κατανομή του αναλυτή μεταξύ μιας αέριας κινητής φάσης (φέρον αέριο) και μιας υγρής μη πτητικής φάσης, ακινητοποιημένης σε αδρανές στερεό υπόστρωμα ή στα τοιχώματα ανοικτών τριχοειδών στηλών (χρωματογραφία αερίου-υγρού). Η κινητή φάση δεν αλληλεπιδρά με τα μόρια του αναλυτή. Ο ρόλος της είναι η διακίνηση του αναλυτή κατά μήκος της στήλης. Ο διαχωρισμός οφείλεται στην κίνηση των συστατικών με διαφορετικές ταχύτητες εντός της στήλης, που εξαρτώνται από την τάση ατμών τους και την φυσικοχημική τους συγγένεια με τη στατική φάση. Ο προσδιορισμός των λιπαρών οξέων βασίζεται στη μετατροπή τους στους αντίστοιχους μεθυλεστέρες μέσω *trans*-εστεροποίησης, σε αλκαλικό περιβάλλον και στη συνέχεια ενίονται σε αέριο χρωματογράφο, όπου αναλύονται ποιοτικά και ποσοτικά.

##### Αντιδραστήρια

- n-εξάνιο καθαρότητας 95%
- Διάλυμα KOH 2.0 N σε μεθανόλη
- Άνυδρο στερεό Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

##### Πρότυπα αντιδραστήρια

- Μεθυλεστέρας του λαυρικού οξέος καθαρότητας >99%
- Supelco TM 37 Component FAME Mix C4-C24, 100mg Neat, Catalog No: 18919-1AMP (Merck. Darmstad,. Germany)
- Supelco PUFA No.1. Marine Source, 100mg Neat, Catalog No: 47033 Metal standards (titrisol) (Merck. Darmstadt, Germany)

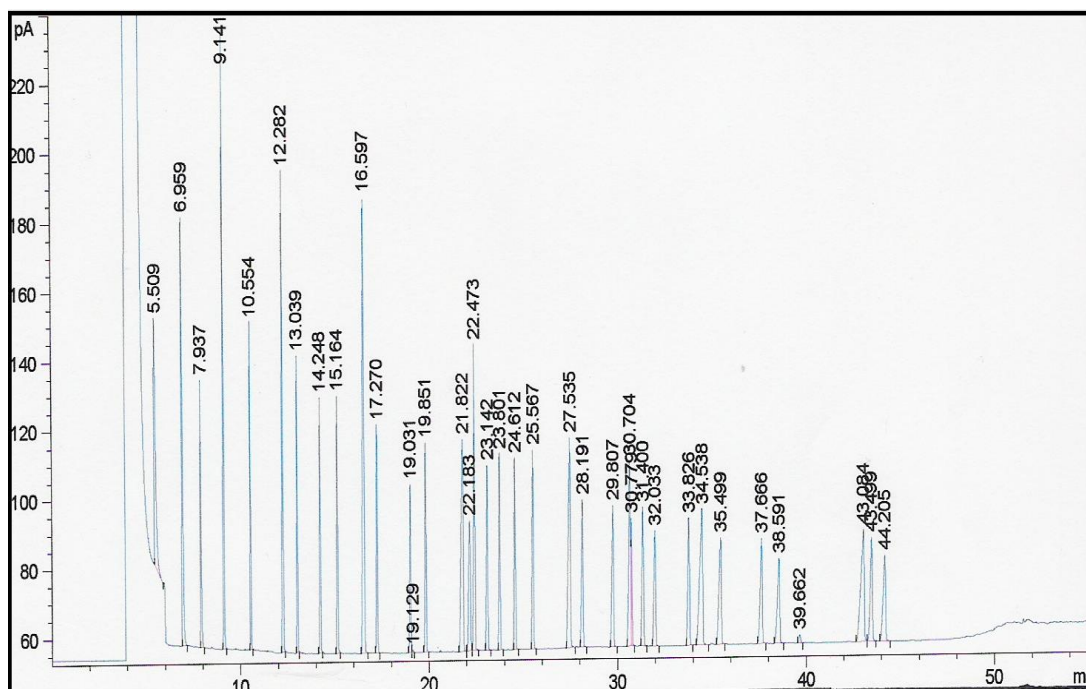
## Οργανολογία

- Αεριοχρωματογράφος Agilent 6890 Series Gas Chromatograph με ανιχνευτή ιοντισμού με φλόγα υδρογόνου (F.I.D.) εφοδιασμένος με split/splitless εισαγωγή. Ο αεριοχρωματογράφος περιέχει τα βασικά μέρη του συστήματος, δηλαδή το φούρνο με θέση για δύο στήλες, δύο χώρους εισαγωγής του δείγματος αντιστοίχως (injectors) και τον ανιχνευτή (detector).
- Στήλη: DB-23 capillary column (60 m×0.25 mm i.d.. 0.15 μm film) [50%- Cyanopropyl-methylpolysiloxane]. Υψηλής πολικότητας σχεδιασμένη για την ανάλυση μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAMES), με εξαιρετική διαχωριστική ικανότητα των *cis*- και *trans*-FAME ισομερών.
- Οβίδα αερίου ηλίου (He) (φέρων αέριο), η οποία συνδέεται με τον αεριοχρωματογράφο μέσω βαλβίδας μείωσης της πίεσης (μειωτήρας) που φέρει μανόμετρο.
- Οβίδα αερίου υδρογόνου (H<sub>2</sub>) (καύσιμο), η οποία συνδέεται με τον αεριοχρωματογράφο μέσω βαλβίδας μείωσης της πίεσης (μειωτήρας) που φέρει μανόμετρο.
- Οβίδα ατμοσφαιρικού αέρα (οξειδωτικό), η οποία συνδέεται με τον αεριοχρωματογράφο μέσω βαλβίδας μείωσης της πίεσης (μειωτήρας) που φέρει μανόμετρο.
- Μικροσύριγγα Hamilton. 1 μL
- Η/Υ με το υποστηρικτικό λογισμικό Hewlett Packard (Agilent) Chem Station Software
- Καταγραφέας HP

## Αναλυτική πορεία

Λαμβάνεται δείγμα μέχρι 20-30 mg λιπιδίων και εξατμίζεται ο διαλύτης μέχρι ξηρού με ρεύμα αζώτου. Κατόπιν προστίθενται 0,75 mL n-εξανίου και 0,1 mL KOH 2M σε μεθανόλη και το προκύπτον διάλυμα αναδεύεται ισχυρά για 2 min σε κυκλοαναδευτήρα. Στη συνέχεια προστίθενται άνυδρο NaSO<sub>4</sub> (αφυδατικό μέσο) και το διάλυμα αφήνεται προς εξισορρόπηση των φάσεων για 15 min. Στο υπερκείμενο (φάση εξανίου) λαμβάνονται οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων ενώ στο ίζημα παραμένουν η γλυκερίνη και τα άλλα αδιάλυτα

συστατικά του δείγματος. Το δείγμα των μεθυλεστέρων εισάγεται με μικροσύριγγα των 1  $\mu\text{L}$ . Λαμβάνεται 1  $\mu\text{L}$  δείγματος. Αναφέρεται ότι οι μεθυλεστέρες είναι ασταθείς και ο προσδιορισμός πρέπει να γίνει αμέσως μετά την μεθανόλυση. Η θερμοκρασία προγραμματίστηκε στους 100  $^{\circ}\text{C}$  για 0 min. Στη συνέχεια αυξήθηκε από τους 100  $^{\circ}\text{C}$  έως τους 150  $^{\circ}\text{C}$  με ρυθμό 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  και διατηρήθηκε σταθερή στους 150  $^{\circ}\text{C}$  για 0 min, μετά αυξήθηκε από τους 150  $^{\circ}\text{C}$  στους 195  $^{\circ}\text{C}$  με ρυθμό 2  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  και διατηρήθηκε στους 195  $^{\circ}\text{C}$  για 5 min. Ακολούθησε αύξηση από τους 195  $^{\circ}\text{C}$  στους 210  $^{\circ}\text{C}$  με ρυθμό 1  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Διατηρήθηκε στους 210  $^{\circ}\text{C}$  για 0 min και τέλος, αυξήθηκε από τους 210  $^{\circ}\text{C}$  στους 240  $^{\circ}\text{C}$  με ρυθμό 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  όπου διατηρήθηκε σε αυτήν τη θερμοκρασία για 5 min. Η διάρκεια όλης της μεθόδου είναι 55,50 min [38], [39].



Σχήμα 3 Πρότυπο χρωματογράφημα μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων Supelco™ 37 Component FAME Mix C4-C24.100 mg Neat. Catalog No: 18919-1AMP (Merck, Darmstadt, Germany) [39]

Παρατίθεται πίνακας με τους μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων που αναλύθηκαν, οι χρόνοι εκλούσεως αυτών και οι παράγοντες ποσοτικοποίησης (Rt: χρόνος εκλούσεως, RF: συντελεστής απόκρισης, SR: split ratio).

**Πίνακας 5 Μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων που αναλύθηκαν, οι χρόνοι εκλούσεως αυτών και οι παράγοντες ποσοτικοποίησης [38]**

A/A	FAME	Rt (min)	RF (10 <sup>-6</sup> ) SR 2:1
1	C4:0	4.200 – 4.405	0.37369±0.00613
2	C6:0	4.580 – 4.760	0.37436±0.00628
3	C8:0	5.438 – 5.808	0.38637±0.00043
4	C10:0	6.897 – 7.158	0.35074±0.00134
5	C11:0	7.877 – 8.088	0.34422±0.00189
6	C12:0	9.064 – 9.251	0.33555±0.00149
7	C13:0	10.484 – 10.641	0.32852±0.00054
8	C14:0	12.168 – 12.398	0.32561±0.00068
9	C14:1	12.954 – 13.131	0.32998±0.00015
10	iso-C15:0	13.556 – 13.685	0.33555±0.00149
11	C15:0	14.148 – 14.354	0.33183±0.00018
12	C15:1 ω-5	15.064 – 15.274	0.32497±0.00054
13	C16:0	16.400 – 16.791	0.32226±0.00096
14	iso- C16:0	16.978 – 17.162	0.33555±0.00149
15	C16:1 ω-9 ( <i>cis</i> )	17.212 – 17.394	0.32717±0.00102
16	iso- C17:0	18.485 – 18.688	0.33555±0.00149
17	cyclo- C17:0	18.705 – 18.855	0.33555±0.00149
18	C17:0	18.948 – 19.100	0.41283±0.00352
19	C17:1 ω-7	19.728 – 19.994	0.31718±0.00197
20	C18:0	21.573 – 22.000	0.33312±0.00352
21	C18:1 ω-9 <i>trans</i>	22.000 – 22.285	0.32846±0.00342

22	C18:1 $\omega$ -9 <i>cis</i>	22.285 – 22.668	0.32299±0.00323
23	C18:1 $\omega$ -7 <i>cis</i>	22.749 – 22.909	0.33555±0.00149
24	C18:2 $\omega$ -6 <i>trans</i>	23.011 – 23.301	0.32597±0.00337
25	C18:2 $\omega$ -6 <i>cis</i>	23.671 – 23.951	0.32122±0.00311
26	C18:3 $\omega$ -6 <i>cis</i>	24.488 – 24.764	0.32818±0.00318
27	C18:3 $\omega$ -3 <i>cis</i>	25.434 – 25.721	0.29582±0.00282
28	C18:4 $\omega$ -3 <i>cis</i>	26.305 – 26.515	0.33555±0.00149
29	C19:0	27.336 – 27.492	0.33555±0.00149
30	C20:0	27.492 – 27.653	0.34611±0.00491
31	C20:1 $\omega$ -9 <i>cis</i>	28.042 – 28.485	0.33910±0.00490
32	C20:2 $\omega$ -6 <i>cis</i>	29.660 – 29.867	0.32028±0.00444
33	C20:3 $\omega$ -6 <i>cis</i>	30.528 – 30.660	0.33346±0.00356
34	C20:4 $\omega$ -6 <i>cis</i>	31.235 – 31.508	0.34295±0.00620
35	C20:3 $\omega$ -3 <i>cis</i>	31.888 – 32.037	0.33598±0.00527
36	C21:0	32.964 – 33.282	0.37696±0.00544
37	C20:5 $\omega$ -3 <i>cis</i>	33.675 – 34.151	0.33962±0.00476
38	C22:0	34.329 – 34.598	0.36969±0.00904
39	C22:1 $\omega$ -9 <i>cis</i>	36.285 – 36.361	0.34866±0.00589
40	C22:2 $\omega$ -6 <i>cis</i>	37.633 – 37.753	0.34738±0.00604
41	C23:0	37.979 – 38.308	0.38454±0.00781
42	C22:4 $\omega$ -6 <i>cis</i>	38.527 – 38.743	0.33555±0.00149
43	C22:5 $\omega$ -6 <i>cis</i>	39.855 – 40.198	0.33555±0.00149
44	C22:5 $\omega$ -3 <i>cis</i>	40.386 – 40.822	0.33555±0.00149

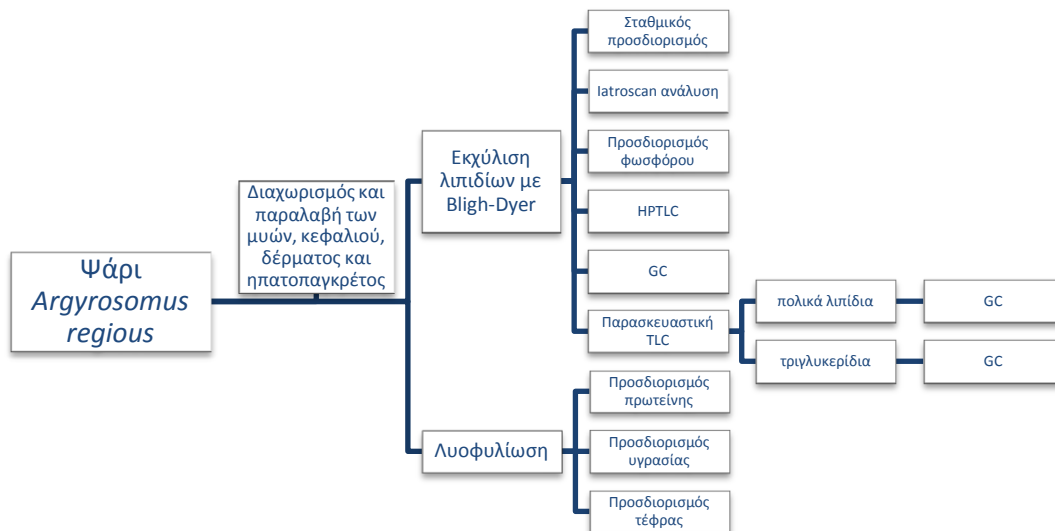
45	C24:0	42.544 – 42.703	0.40016±0.00753
46	C22:6 ω-3 <i>cis</i>	43.255 – 44.162	0.34295±0.00620
47	C24:1 ω-9 <i>cis</i>	44.162 – 44.392	0.35047±0.00748

### Στατιστική ανάλυση

Σε όλες τις μετρήσεις μας υπολογίστηκε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση (standard deviation, SD). Επίσης επεξεργαστήκαμε τις τιμές αυτές στατιστικά (δοκιμή t) με το υπολογιστικό πρόγραμμα στατιστικής SPSS v.10.0.

### 3 Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα της μελέτης πάνω στα λιπιδικά συστατικά, τα μέταλλα και τα μεταλλοειδή των ιστών (νωποί μύες, κεφάλι, δέρμα και ηπατοπάγκρεας) του πελαγίσσιου κρانيού. Μελετήθηκε η διατροφική αξία του ψαριού, ενώ παράλληλα γίνεται σύγκριση με κρانيό ιχθυοτροφείου και άλλα είδη ψαριών (από τη βιβλιογραφία).



Διάγραμμα της πειραματικής πορείας που ακολουθήθηκε για την ποιοτική και ποσοτική μελέτη του ψαριού *Argirosomus regius*



### 3.1 Γενικά χαρακτηριστικά και χημική σύσταση

#### 3.1.1 Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας, πρωτεΐνης και λίπους

Σε ψάρια του είδους *Argyrosomus regius* που αλιεύτηκαν τον Απρίλιο του 2011, τα οποία επεξεργάστηκαν όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο Υλικά και Μέθοδοι (παράγραφος 2.1), προσδιορίσθηκε η υγρασία, η τέφρα, η πρωτεΐνη και το λίπος σε νωπούς μύες, κεφάλι, δέρμα και ηπατοπάγκρεας χωριστά όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο Υλικά και Μέθοδοι (παράγραφοι 2.3, 2.2, 2.4 και 2.6 αντίστοιχα).

Πίνακας 6 Υγρασία, τέφρα, πρωτεΐνη και λίπος εκφρασμένα σε g/ 100g νωπού ιστού σε ιστούς του *Argyrosomus regius* πελαγίσου και ιχθυοτροφείου [40].

Είδος	Ιστός	Υγρασία %	Τέφρα %	Πρωτεΐνη %	Λίπος %
Πελαγίσιο	Μύες	76.43±1.70a	1.25±0.22a	19.85±0.70	1.36±0.35a
	Κεφάλι	59.53±0.35b	24.91±3.08b	-	5.50±0.33b
	Δέρμα	62.23±2.15b	1.83±0.53c	-	4.31±0.32c
	Ηπατοπάγκρεας	79.23±0.15a	-	-	2.27±0.06d
Ιχθυοτροφείου [40]	Μύες	75.06±0.67a	1.27±0.21a	-	1.75±0.34a
	Κεφάλι	56.34±3.33b	-	-	7.83±0.18b
	Δέρμα	57.86±2.44b	1.80±0.50a	-	8.07±0.06b
	Ηπατοπάγκρεας	75.60±0.59a	-	-	3.91±0.84c

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια στήλη υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P<0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%

Από τα δεδομένα του Πίνακα 6 προκύπτει ότι το ποσοστό υγρασίας στους νωπούς μύες, κεφάλι, δέρμα και ηπατοπάγκρεας του πελαγίσου κρانيού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό υγρασίας των αντίστοιχων ιστών του κρانيού του ιχθυοτροφείου, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας βρέθηκε στο ηπατοπάγκρεας και των δύο ψαριών συγκρινόμενο με το ποσοστό υγρασίας των άλλων ιστών.

Ομοίως, το ποσοστό υγρασίας των νωπών μυών του πελαγίσου *P. pagrus* (φαγκρί) (71.3%) [16] και του κατεψυγμένου (71.7%) βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από αυτό των μυών του *P. pagrus* του ιχθυοτροφείου (67.3%)

[17]. Αντίθετα, το ποσοστό υγρασίας για το κεφάλι, το δέρμα και το ήπατοπάγκρεας (57.6%, 59.0% και 68.2% αντίστοιχα) στο φαγκρί ιχθυοτροφείου βρέθηκαν ότι ήταν μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα του πελαγίσιου (54.1%, 55.4% και 64.0% αντίστοιχα) σύμφωνα με τα αποτελέσματα άλλης ερευνητικής ομάδα του Εργαστηρίου Χημείας Τροφίμων [16].

Ωστόσο το ποσοστό υγρασίας των νωπών μυών του υπό μελέτη ψαριού βρέθηκε μεγαλύτερο τόσο από αυτό των μυών του *P. pagrus* (πελαγίσιου, κατεψυγμένου, ιχθυοτροφείου) καθώς και άλλων ειδών ψαριών από τη διεθνή βιβλιογραφία όπως το λαβράκι (*Dicentrachus labrax*) (70.7%), η τσιπούρα (*Sparus aurata*) (63.5%) [41], είδη του γένους *Brycon* από ιχθυοκαλλιέργεια (*B. cephalus*, *B. microlepis* και *B. orbignyanus* με ποσοστά υγρασίας 71.8, 74.1 και 74.0% αντίστοιχα) [42] και η θαλασσοπέστροφα (*Salmo trutta* ιχθυοκαλλιέργειας με ποικιλία ελεγχόμενης διατροφής η οποία παρουσίασε εύρος ποσοστών υγρασίας 75.3-75.6%) [43].

Η μεγαλύτερη υγρασία των νωπών μυών του πελαγίσιου κρανίου (76.43%) σε σύγκριση με του ιχθυοτροφείου (75.06%) [40], πιθανώς να οφείλεται στο μικρότερο ποσοστό λίπους που αυτοί περιέχουν.

Το μεγαλύτερο ποσοστό τέφρας βρέθηκε στο κεφάλι, ακολουθούσε το ποσοστό στο δέρμα και τους νωπούς μύες του πελαγίσιου κρανίου ενώ παρόμοια ποσοστά βρέθηκαν στους αντίστοιχους ιστούς του κρανίου από την ιχθυοκαλλιέργεια. Οι νωποί μύες του πελαγίσιου κρανίου βρέθηκε ότι περιείχαν μικρότερο ποσοστό τέφρας από αυτό του *P. Pagrus* στον οποίο τα ποσοστά βρέθηκαν στο πελαγίσιο 1.54% [16], στο κατεψυγμένο 1.73% και στο ιχθυοτροφείου 1.71% [17], στο λαβράκι (*Dicentrachus labrax*) 1.66%, στη τσιπούρα (*Sparus aurata*) 1.35% [41] και στο σαυρίδι (*Trachurus Mediterraneanus*) 1.5% [44]. Παρόμοιο με το ποσοστό της τέφρας των μυών του πελαγίσιου κρανίου βρέθηκε στο *Tupinambis merriane* (1.2%) [45] και σε είδη του γένους *Brycon* από ιχθυοκαλλιέργεια (*B. cephalus*, *B. microlepis* και *B. orbignyanus* 1.15%, 1.05% και 1.32% αντίστοιχα) [42].

Το ποσοστό πρωτεΐνης των νωπών μυών του πελαγίσιου κρανίου βρέθηκε ότι ήταν παρόμοιο με το ποσοστό της πρωτεΐνης των μυών *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσιου, κατεψυγμένου και ιχθυοτροφείου που βρέθηκε ότι ήταν 21.92±0.8%, 21.48±0.8% και 19.53±0.6% αντίστοιχα [16], [17].

Ήταν επίσης παρόμοιο με το ποσοστό της πρωτεΐνης των μυών τσιπούρας (*Sparus aurata*) από την Ισπανία που βρέθηκε ότι ήταν 21.0% [46], τσιπούρας από το Αιγαίο στο οποίο το ποσοστό της πρωτεΐνης βρέθηκε ότι ήταν 19.81% και λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) 20.35% [41]. Επιπλέον, σε μελέτη που έγινε για 24 διαφορετικά είδη ψαριών, από τη θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου, το ποσοστό της πρωτεΐνης κυμαίνονταν από 17 έως 22% [47].

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6 οι ιστοί του υπό μελέτη ψαριού βρέθηκαν να έχουν μικρότερη περιεκτικότητα λίπους σε σύγκριση με αυτό του ιχθυοτροφείου. Αυτό είναι αποτέλεσμα τόσο της διατροφής του ψαριού ιχθυοτροφείου όσο και της μειωμένης κινητικότητας. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του δέρματος στο οποίο το ποσοστό του λίπους βρέθηκε ότι ήταν το διπλάσιο στην περίπτωση του ψαριού ιχθυοτροφείου, ενώ η μικρότερη διαφορά ανάμεσα στα ποσοστά του λίπους παρατηρήθηκε στους νωπούς μύες.

### 3.2 Απομόνωση των ολικών λιπιδίων

Τα λιπίδια του ψαριού *Argyrosomus regius* μελετήθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά μετά την εκχύλιση τους με τη μέθοδο Bligh-Dyer (Κεφάλαιο 2-Παράγραφος 2.6.1)

#### 3.2.1 Προσδιορισμός ολικών, πολικών, ουδετέρων λιπιδίων και φωσφολιπιδίων

Τα ολικά, πολικά, ουδέτερα λιπίδια και φωσφολιπίδια των ιστών του υπό μελέτη ψαριού προσδιορίστηκαν όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο Υλικά και Μέθοδοι. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

**Πίνακας 7** Ολικά λιπίδια και φωσφολιπίδια εκφρασμένα σε g / 100 g νωπού ιστού και πολικά, φωσφολιπίδια και ουδέτερα λιπίδια % (w/w) των ολικών λιπιδίων των ιστών του ψαριού *Argyrosomus regius*

	Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
Ολικά λιπίδια (g/100g νωπού ιστού )	1.36±0.35a	5.50±0.33b	4.31±0.32c	2.27±0.06d
Πολικά λιπίδια % (w/w) των ολικών λιπιδίων	30.82±0.97a	5.16±0.31b	11.30±0.23c	22.22±3.54d
Ουδέτερα λιπίδια % (w/w) των ολικών λιπιδίων	69.18±0.97a	94.84±0.31b	88.70±0.23c	77.78±3.54d
Φωσφολιπίδια (g/100g νωπού ιστού)	0.24±0.01a	0.17±0.00b	0.32±0.03c	0.63±0.03d
Φωσφολιπίδια % (w/w) των ολικών λιπιδίων	18.85±0.67a	3.02±0.06b	7.34±0.60c	27.33±1.71d

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P<0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, το ποσοστό των ουδετέρων λιπιδίων στα ολικά λιπίδια όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρانيού είναι μεγαλύτερο από αυτό των πολικών. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ουδετέρων λιπιδίων

φαίνεται να περιέχεται στα ολικά λιπίδια του κεφαλιού ενώ ακολουθεί το ποσοστό των ουδετέρων στα ολικά λιπίδια του δέρματος, του ηπατοπαγκρέατος και των νωπών μυών, το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τα λιπίδια των αντίστοιχων ιστών κρανίου ιχθυοκαλλιέργειας το οποίο μελετήθηκε παράλληλα στο Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων [40] και στο οποίο τα ποσοστά των ουδετέρων λιπιδίων βρέθηκε ότι ήταν για το κεφάλι, δέρμα, νωπό μυϊκό ιστό 99.22%, 97.50% ,93.85%, αντίστοιχα με μόνη διαφορά ότι στο ψάρι του ιχθυοτροφείου τα ολικά λιπίδια του ηπατοπαγκρέατος βρέθηκαν ότι είχαν το μικρότερο ποσοστό ουδετέρων λιπιδίων (20.53%).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα ολικά λιπίδια των νωπών μυών του πελαγίσου κρανίου φαίνεται ότι περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό πολικών λιπιδίων από τα ολικά λιπίδια των άλλων ιστών (κεφάλι, δέρμα, ηπατοπάγκρεας) καθώς και μεγαλύτερο από αυτό των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του κρανίου από ιχθυοκαλλιέργεια (6.15%) [40], μικρότερο όμως από το ποσοστό των πολικών % ολικών λιπιδίων άλλων ειδών ψαριών όπως των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσου και κατεψυγμένου *P. pagrus* (φαγκρί) (51.4%, 45.5% αντίστοιχα) και μεγαλύτερο από αυτό του ιχθυοτροφείου (13.3%) [16], [17].

Όσον αφορά το ποσοστό των φωσφολιπιδίων % των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό των φωσφολιπιδίων των ολικών λιπιδίων των μυών του *P. pagrus* (φαγκρί) νωπού πελαγίσου και κατεψυγμένου που βρέθηκε ότι ήταν 44.82% και 41.1% αντίστοιχα [16], [17], καθώς και από άλλα είδη ψαριών όπως το *Trachinus draco* (δράκαινα) με ποσοστό 60.76% και το *Trigla lyra* (καπόνι) με 60.39% [16], ενώ βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό των φωσφολιπιδίων των ολικών λιπιδίων των μυών του *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου που βρέθηκε ότι ήταν 12.4% [17], καθώς και από άλλα ψάρια όπως το *Sardinella maderensis* (φρίσα) με ποσοστό 6.0% και το *Cephalopholis taeniops* (κηλιδοστικη σφυρίδα) με 10.0% [16].

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η περιεκτικότητα των νωπών μυών του υπό μελέτη ψαριού σε φωσφολιπίδια (g/100 g νωπού ιστού) βρέθηκε μικρότερη από την περιεκτικότητα σε φωσφολιπίδια των νωπών μυών του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσου, ιχθυοτροφείου και κατεψυγμένου που βρέθηκε ότι ήταν 0.40 g, 0.80 g και 0.33 g ανά 100 g νωπού ιστού αντίστοιχα, καθώς και από

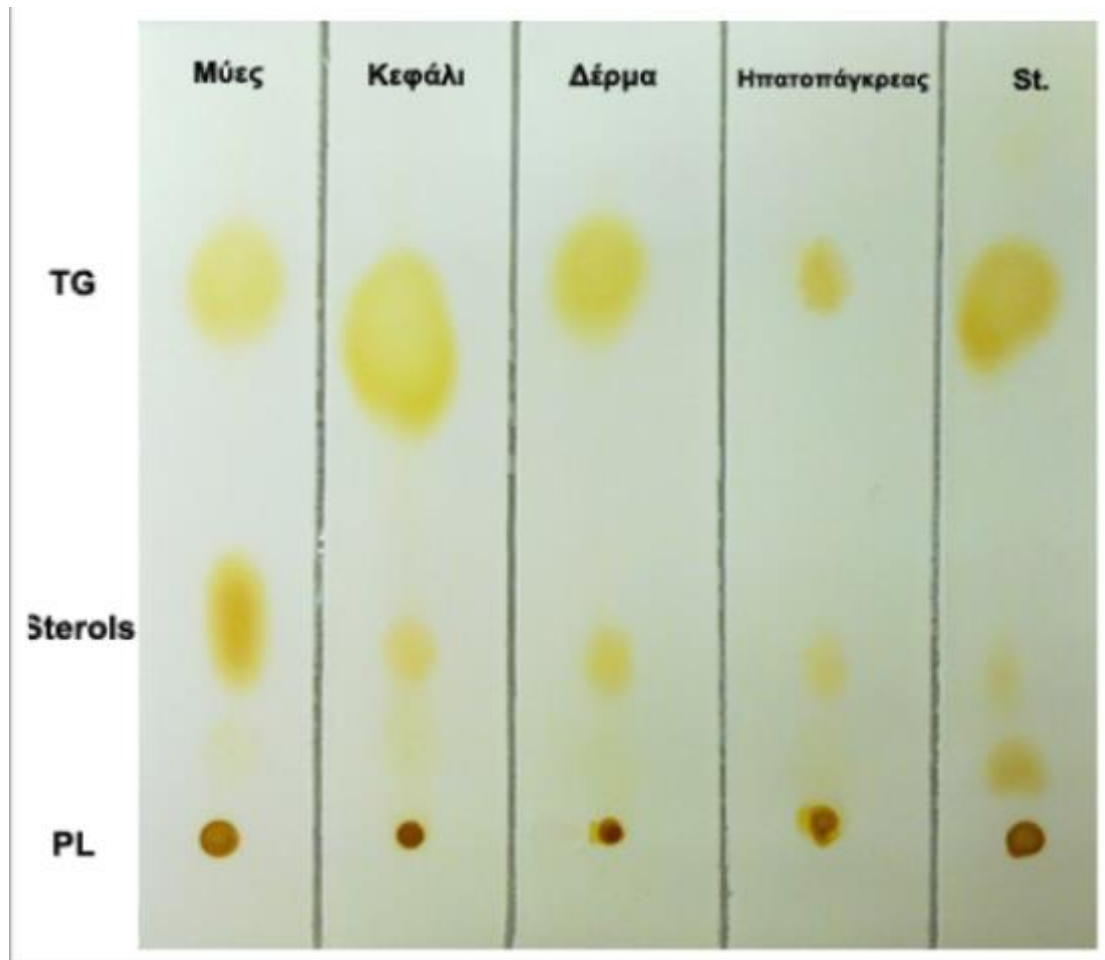
άλλα είδη ψαριών όπως το *Trachinus draco* με 0.59 g/100 g νωπού ιστού και το *Trigla lyra* με 0.40 g/100 g νωπού ιστού [16], [17].

### **3.2.2 Μελέτη της σύστασης των ολικών, πολικών και ουδέτερων λιπιδίων με χρωματογραφία υψηλής απόδοσης λεπτής στιβάδας (HPTLC)**

Η σύσταση των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρυνιού μελετήθηκε με HPTLC σε ουδέτερο και πολικό σύστημα ανάπτυξης για το διαχωρισμό των επιμέρους τάξεων των ουδέτερων και πολικών λιπιδίων αντίστοιχα.

Η εμφάνιση των λιπιδίων έγινε α) με έκθεση των χρωματογραφήματων σε ατμούς ιωδίου οπότε εμφανίζονται όλες η επί μέρους τάξεις των λιπιδίων β) με αντιδραστήριο νινυδρίνης, για την ανίχνευση των αμινομάδων γ) με αντιδραστήριο Dittmer-Lester για την ανίχνευση των φωσφολιπιδίων. Η παραπάνω αναλυτική διαδικασία περιγράφεται στο κεφάλαιο Υλικά και Μέθοδοι (παράγραφος 2.6.3).

Παρατίθενται χαρακτηριστικά χρωματογραφήματα ανάπτυξης των λιπιδίων του ψαριού *Argyrosomus regius* σε ουδέτερο και πολικό σύστημα ανάπτυξης.



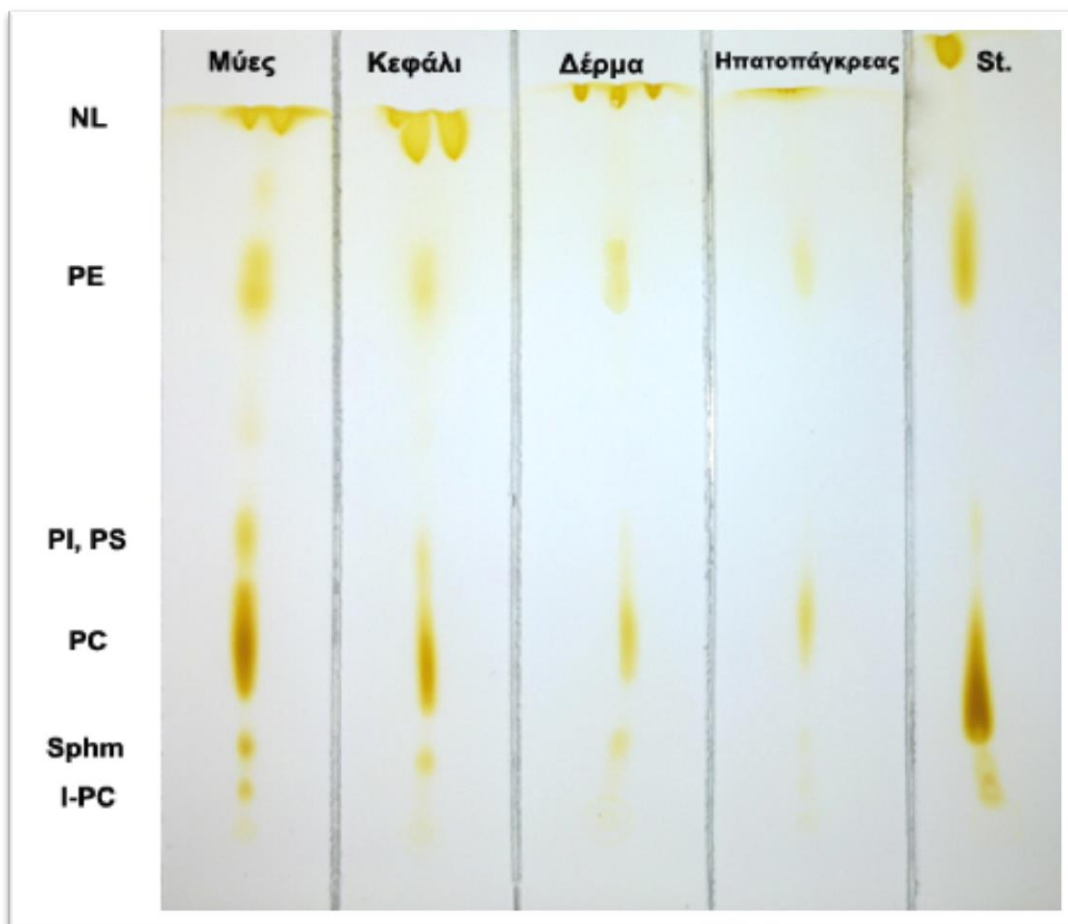
Πρότυπο : ολικά λιπίδια του κρόκου αυγού.

Ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης : πετρελαϊκός αιθέρας:διαιθυλεθέρας:οξικό οξύ 70:30:1 (v/v/v)

Αντιδραστήριο εμφάνισης : ατμοί ιωδίου

**Εικόνα 3 Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας των ολικών λιπιδίων από εκχύλιση Bligh Dyer του ψαριού *Argyrosomus regius* σε ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης.**

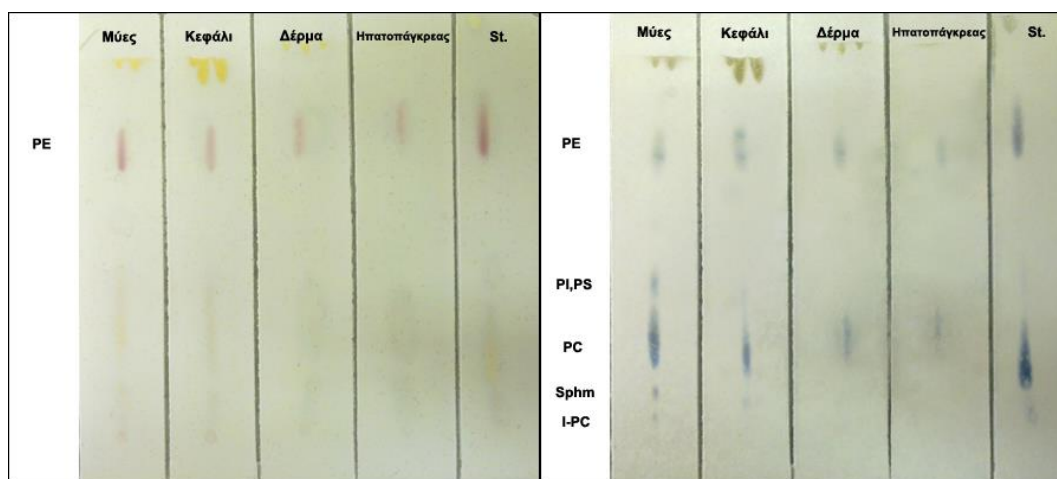
Δοκιμάστηκαν διάφορες συγκεντρώσεις των ολικών λιπιδίων κάθε δείγματος για να επιτευχθεί όσο το δυνατό καλύτερος διαχωρισμός των επιμέρους κλασμάτων. Στην ΗPTLC (Εικόνα 4) των ολικών λιπιδίων του ψαριού σε ουδέτερο σύστημα ανάπτυξης, εμφανίσθηκαν δυο συστατικά τα οποία αρχίζοντας από τη γραμμή βάσης προς τα πάνω συγχρωματογραφήθηκαν με πρότυπα χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων (άλλα επιμέρους κλάσματα, όπως ελεύθερα λιπαρά οξέα και διγλυκερίδια, πιθανότατα βρίσκονται σε πολύ μικρά ποσοστά και για αυτό το λόγο δεν εμφανίζονται ως κηλίδες στην ΗPTLC). Το ποσοστό των τριγλυκεριδίων φαίνεται ότι ήταν πολύ μεγαλύτερο για όλους τους υπό μελέτη ιστούς από το αντίστοιχο της χοληστερόλης, το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα από το Iatroscan (TLC / FID).



Πρότυπο : ολικά λιπίδια του κρόκου αυγού.

Πολικό σύστημα ανάπτυξης : χλωροφόρμιο:μεθανόλη:οξικό οξύ:νερό 50:25:6:2 (v/v/v/v)

Αντιδραστήριο εμφάνισης : ατμοί ιωδίου



Αντιδραστήριο εμφάνισης : Νινυδρίνη

Αντιδραστήριο εμφάνισης :Dittmer- Lester

**Εικόνα 4** Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας των ολικών λιπιδίων από εκχύλιση Bligh Dyer του ψαριού *Argyrosomus regius* σε πολικό σύστημα ανάπτυξης.



Στο πολικό σύστημα ανάπτυξης (Σχήμα 5) τα ολικά λιπίδια του ψαριού διαχωρίστηκαν σε πέντε συστατικά, τα οποία αρχίζοντας από τη γραμμή βάσης προς τα πάνω συγχρωματογραφούνται με πρότυπα λυσοφωσφατιδυλοχολίνης, σφιγγομυελίνης, φωσφατίδυλοχολίνης, φωσφατιδυλοϊννοσίτη ή/και φωσφατιδυλοσερίνης και φωσφατιδυλοαιθανολαμίνης. Θετική αντίδραση στην νινυδρίνη έδωσε η φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη, η οποία περιέχει αμινομάδα, ενώ θετική αντίδραση στο Dittmer-Lester έδωσαν και τα πέντε συστατικά. Η φωσφατιδυλοχολίνη και η φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη φαίνεται να βρίσκονται σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σχέση με τα άλλα πολικά λιπίδια.

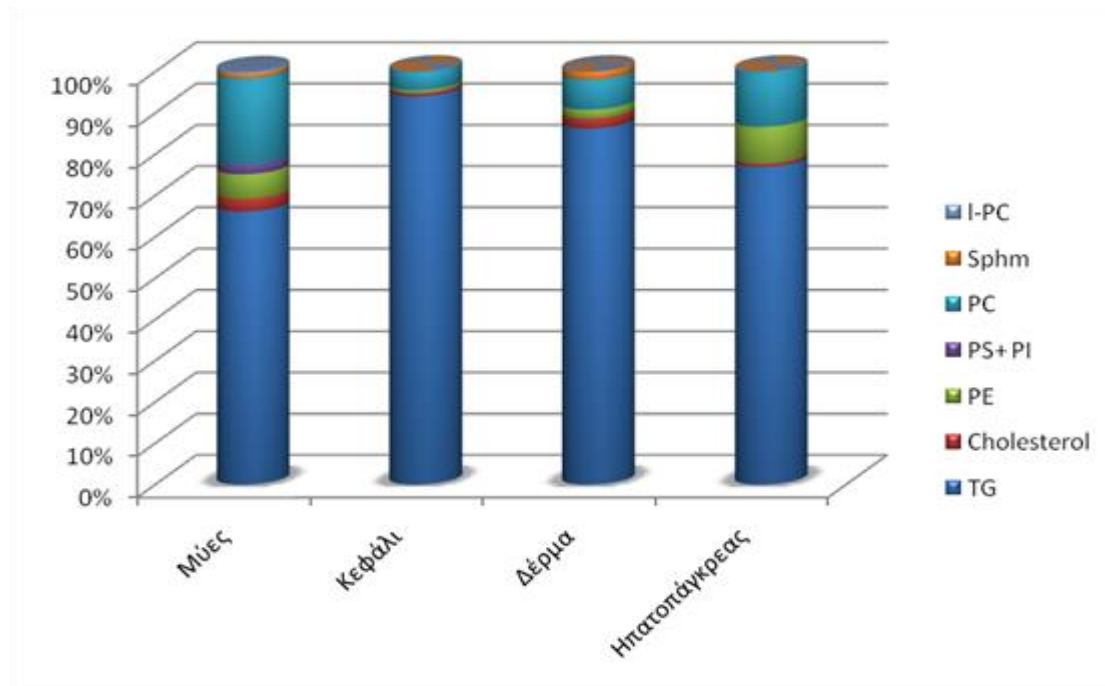
### 3.2.3 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των επιμέρους τάξεων ουδετέρων και πολικών λιπιδίων με Iatroscan (TLC/FID)

Τα αποτελέσματα από τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των ολικών, πολικών, ουδετέρων λιπιδίων και των επί μέρους τάξεων με Iatroscan (TLC/FID) (Κεφάλαιο Υλικά και Μέθοδοι, παράγραφος 2.6.3.3) παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 8 : Ποσοστό % των επιμέρους τάξεων των ουδετέρων και πολικών λιπιδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του *Argyrosomus regius* πελαγίσιου.**

Δείγματα	Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
TG	66.18±0.89a	94.08±0.37b	86.29±0.20c	77.02±3.51d
Cholesterol	2.99±0.15a	0.76±0.06b	2.36±0.15c	0.75±0.11b
PE	6.05±0.36a	0.68±0.04b	2.17±0.15c	8.89±0.11d
PS+ PI	2.33±0.36a	-	-	-
PC	20.88±0.63a	4.48±0.33b	7.32±0.26c	13.34±0.14d
Sphm	1.14±0.12a	-	1.86±0.14b	-
I-PC	0.43±0.04a	-	-	-

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P < 0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%



**Σχήμα 4** Ποσοστό % των επιμέρους τάξεων των ουδετέρων και πολικών λιπιδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου *Argyrosomus regius*.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4 τα συστατικά που βρέθηκαν στα ολικά λιπίδια όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσιου κраниού σε μεγαλύτερα ποσοστά ήταν τα τριγλυκερίδια και ακολουθούσε η φωσφατιδυλοχολίνη. Τα υπόλοιπα συστατικά βρέθηκαν σε αρκετά χαμηλότερα ποσοστά και στα ολικά λιπίδια ορισμένων ιστών δεν ήταν ανιχνεύσιμα.

Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του Πίνακα 8 το ποσοστό των τριγλυκεριδίων (TG) των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από αυτό των τριγλυκεριδίων των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών, του κεφαλιού και του δέρματος (92.30 %, 98.60 % και 96.70 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοτροφείου. Αντίθετα το ποσοστό των TG στα ολικά λιπίδια του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσιου κраниού φαίνεται ότι ήταν πολύ μεγαλύτερο από το ποσοστό των TG στα ολικά λιπίδια του ηπατοπαγκρέατος του κраниού ιχθυοτροφείου (15.06 %) [40].

Όσον αφορά τα ποσοστά των Cholesterol, PE, PS+PI, PC και Sphm στα ολικά λιπίδια των μελετώμενων ιστών του πελαγίσιου κраниού (Πίνακας 8) φαίνεται ότι ήταν μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα ποσοστά τους στα ολικά λιπίδια των νωπών μυών (1.55 %, 1.95 %, 0.23 %, 3.09 % και 0.43 % αντίστοιχα), του κεφαλιού (0.62 %, 0.19 %, 0.03 %, 0.50 % και 0.05 %

αντίστοιχα) και του δέρματος (0.80 %, 0.66 %, 0.09 %, 1.53 % και 0.20 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ το ποσοστό της I-PC στα ολικά λιπίδια των νωπών μυών του πελαγίσσιου κρανίου φαίνεται ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό της I-PC που βρέθηκε ότι ήταν 0.45 % των ολικών λιπιδίων του κρανίου ιχθυοτροφείου [40].

Από τα δεδομένα του Πίνακα 8 φαίνεται ότι τα ολικά λιπίδια των μυών του πελαγίσσιου κρανίου περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό TG και μικρότερο ποσοστό χοληστερόλης από τα ποσοστά των TG και της χοληστερόλης των ολικών λιπιδίων των μυών της νωπής μαρίδας (27.02 % και 7.57 % αντίστοιχα) [18]. Επίσης ο πελαγίσσιος κρανιός βρέθηκε να έχει μικρότερα ποσοστά PE, PC, Sph και I-PC στα ολικά λιπίδια των μυών του (Πίνακα 8) σε σύγκριση με τα ποσοστά των παραπάνω φωσφολιπιδίων στα ολικά λιπίδια των μυών της νωπής μαρίδας τα οποία βρέθηκαν ότι ήταν 13.81 %, 44.41 %, 3.47 % και 1.05 %, των ολικών λιπιδίων αντίστοιχα, ενώ παρουσίασε μεγαλύτερο ποσοστό PI + PS από αυτό της νωπής μαρίδας 1.49 % των ολικών λιπιδίων [18].

Ο πελαγίσσιος κρανιός βρέθηκε να έχει μικρότερο ποσοστό TG στα ολικά λιπίδια των νωπών μυών του σε σύγκριση με την περιεκτικότητα σε TG των μυών άλλων ειδών ψαριών από τη διεθνή βιβλιογραφία όπως το *Pleuragramma antarctica* με ποσοστό τριγλυκεριδίων 72.4 % στα ολικά λιπίδια των μυών [48], το *Bathyracomarri* με 80.9 %, το *Trematomus lepidorhinus* με 70.2 %, το *Aethotaxis mitopteryx* με 96.1 % και μεγαλύτερο ποσοστό TG στα ολικά λιπίδια των μυών του από το *Dolloidraco longedorsalis* με 59.9 % [49].

Η περιεκτικότητα των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του υπό μελέτη ψαριού σε χοληστερόλη βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη από την περιεκτικότητα σε χοληστερόλη των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (0.97 %) [16], κατεψυγμένου (1.00 %) και ιχθυοτροφείου (0.23 %) [17]. Αντίθετα το ποσοστό χοληστερόλης των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του υπό μελέτη ψαριού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο συγκρινόμενο με το ποσοστό της στα ολικά λιπίδια φαγκριού εκτρεφόμενου με δύο διαφορετικές ελεγχόμενες δίαιτες, στο οποίο το ποσοστό της χοληστερόλης στα ολικά λιπίδια βρέθηκε 9.3 και 10.6 % αντίστοιχα [50].

**Πίνακας 9 Ποσοστό % (w/w) των TG και Chol. στα ουδέτερα λιπίδια των ιστών του *Argyrosomus regius* πελαγίσσιου.**

Δείγματα	Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
TG	95.67±0.19a	99.20±0.06b	97.27±0.13c	99.03±0.13b
Cholesterol	4.33±0.19a	0.80±0.07b	2.66±0.17c	0.97±0.12b

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P<0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%

Σύμφωνα με τον Πίνακα 9, τα τριγλυκερίδια (TG) φαίνεται ότι αποτελούσαν το κύριο (μεγαλύτερο σε ποσοστό) συστατικό των ουδέτερων λιπιδίων του πελαγίσσιου κраниού, καθώς βρέθηκε ότι το ποσοστό τους ήταν μεγαλύτερο του 95 % των ουδέτερων λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και στον κраниό ιχθυοτροφείου, στα ουδέτερα λιπίδια του οποίου το ποσοστό των τριγλυκεριδίων βρέθηκε ότι ήταν 98.35 %, 99.38 % και 99.18 % των ουδέτερων λιπιδίων των νωπών μυών, κεφαλιού και δέρματος αντίστοιχα [40].

Όσον αφορά τη χοληστερόλη (Cholesterol) βρέθηκε σε μεγαλύτερα ποσοστά στα ουδέτερα λιπίδια των νωπών μυών, του δέρματος και του κεφαλιού του υπό μελέτη ψαριού (Πίνακας 9) συγκρινόμενο με το ποσοστό της χοληστερόλης των ουδέτερων λιπιδίων των νωπών μυών, του κεφαλιού και του δέρματος (1.65 %, 0.62 %, και 0.82 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοκαλλιέργειας [40]. Αντίθετα τα ουδέτερα λιπίδια του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κраниού βρέθηκε ότι περιείχαν πολύ μικρότερο ποσοστό χοληστερόλης από αυτό των ουδετέρων λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του κраниού ιχθυοκαλλιέργειας που ήταν 26.6% των ουδετέρων λιπιδίων, ενώ βρέθηκε ότι περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό τριγλυκεριδίων το οποίο στο ηπατοπάγκρεας του κраниού ιχθυοκαλλιέργειας ήταν 73.36% των ουδετέρων λιπιδίων [40]. Τα ποσοστά του κраниού ιχθυοκαλλιέργειας για το ηπατοπάγκρεας, προστίθενται ώστε να υπάρχει μια γενική πληροφορία και να συμπληρωθεί η βιβλιογραφία που αφορά στη σύσταση των λιπιδίων του ψαριού.

Επίσης βρέθηκε ότι τα ουδέτερα λιπίδια των νωπών μυών του πελαγίσσιου κраниού περιείχαν πολύ μικρότερο ποσοστό χοληστερόλης από αυτό των ουδετέρων λιπιδίων των μυών νωπής μαρίδας στα οποία το ποσοστό χοληστερόλης βρέθηκε ότι ήταν 21.17 % και μεγαλύτερο ποσοστό τριγλυκεριδίων το οποίο βρέθηκε ότι ήταν 75.52 % των ουδετέρων λιπιδίων [18].

**Πίνακας 10 Ποσοστό % (w/w) των τάξεων των πολικών λιπιδίων των ιστών του *Argyrosomus regius* πελαγίσσιου.**

Δείγματα	Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
PE	19.62±0.93a	13.10±0.69b	19.22±1.44a	39.91±0.13c
PS+ PI	7.58±1.19	-	-	-
PC	67.67±0.36a	86.91±4.55a	64.74±1.99b	60.09±0.23c
Sphm	3.72±0.39a	-	16.05±1.43b	-
I-PC	1.41±0.14	-	-	-

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P < 0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 10 το κυριότερο φωσφολιπίδιο των πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κраниού ήταν η φωσφατιδυλοχολίνη (PC), η οποία βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό στα πολικά λιπίδια του κεφαλιού ενώ το ποσοστό της φαίνεται ότι μειώνονταν στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος. Το αμέσως σε μικρότερο ποσοστό συστατικό των πολικών λιπιδίων, η φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη (PE) βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό στους νωπούς μύες ενώ το ποσοστό βαίνει μειούμενο στα πολικά λιπίδια του δέρματος, κεφαλιού και ηπατοπαγκρέατος. Σφιγγομελίνη (Sph) προσδιορίσθηκε μόνο στα πολικά λιπίδια του δέρματος και των νωπών μυών, ενώ φωσφατιδυλοϊνσιτόλη-φωσφατιδυλοσερίνη (PI+PS) και λυσοφωσφατιδυλοχολίνη (LPC) προσδιορίσθηκαν σε μικρά ποσοστά στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών.

Τα πολικά λιπίδια των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσου κраниού βρέθηκε ότι περιείχαν μικρότερα ποσοστά PE (Πίνακας 10) συγκρινόμενη με το ποσοστό της στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών, κεφαλιού και δέρματος (31.70 %, 24.36 % και 26.4 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοκαλλιέργειας, ενώ βρέθηκε ότι περιείχαν μεγαλύτερα ποσοστά PE σε σύγκριση με το ποσοστό της στα πολικά λιπίδια του ηπατοπάγκρεατος (22.6 %) του κраниού ιχθυοκαλλιέργειας [40]. Επίσης (η PE) βρέθηκε στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών του πελαγίσου κраниού, σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα πολικά λιπίδια των μυών άλλων ειδών ψαριών (από τη διεθνή βιβλιογραφία), όπως του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσιο (11.54 %), κατεψυγμένο (10.8 %) και ιχθυοτροφείου (9.02 %) [16], [17], της δράκαινας (*Trachinus draco* 13.13 %) και του καπνιού (*Trigla lyra*) (19.19 %) [16] και σε μικρότερο ποσοστό από το ποσοστό της PE των πολικών λιπιδίων των μυών της νωπής μαρίδας (21.51 %) [18].

Το ποσοστό της PC (Πίνακας 10) στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών και κεφαλιού του υπό μελέτη ψαριού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό της PC στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών (50.24 %), του κεφαλιού (4.10 %) και του δέρματος (61.2 %) του κраниού ιχθυοτροφείου και μικρότερο από το ποσοστό της PC στα πολικά λιπίδια του ηπατοπάγκρεατος (68.19 %) του κраниού ιχθυοτροφείου [40].

Το μικρότερο ποσοστό PC στα πολικά λιπίδια του κраниού του ιχθυοτροφείου, πιθανόν να οφείλεται στη βιομηχανική τροφή με την οποία τρέφεται. Σε έρευνα που έγινε για φαγκρί εκτρεφόμενο με δύο διαφορετικούς τύπους δίαιτας, το ποσοστό PC για τους μύες βρέθηκε εξίσου χαμηλό (53,9 και 55,0 % επί των ολικών φωσφολιπιδίων) [50]. Επίσης το ποσοστό της PC των πολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσου κраниού ήταν μικρότερο συγκρινόμενο με το ποσοστό της PC στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών του *Trachinus draco* (δράκαινα) (68.34 %) [16] και της νωπής μαρίδας (69.13 %) [18] ενώ ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό της PC στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών του πελαγίσου και κατεψυγμένου *P. ragrus* (φαγκρί) (66.03 % και 64.4 % αντίστοιχα) [16], [17], του *P. ragrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (55.56 %) και της *Trigla lyra* (καπόνι) (50.8 %) [16].

Το ποσοστό των PS+PI (Πίνακας 10) των πολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσου κраниού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό των

PS+PI (3.74 %) των πολικών λιπιδίων των νωπών μυών του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ δεν προσδιορίστηκε PS+PI στα πολικά λιπίδια των κεφαλιού, δέρματος και ηπατοπαγκρέατος του μελετώμενου ψαριού σε αντίθεση με την παρουσία τους στα πολικά λιπίδια του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (σε ποσοστό 3.85 % 3.6 % και 3.56 %, αντίστοιχα) του κρανίου από ιχθυοκαλλιέργεια [40].

Η σφιγγομυελίνη (Sph) (Πίνακας 10) βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών και σε μεγαλύτερο στα πολικά λιπίδια του δέρματος του πελαγίσσιου κρανίου από αυτό των πολικών λιπιδίων των νωπών μυών και του δέρματος (7.0 % και 8.0 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου ενώ Sph δεν βρέθηκε στα πολικά λιπίδια του κεφαλιού και ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανίου σε αντίθεση με την παρουσία της στα πολικά λιπίδια του κεφαλιού και ηπατοπαγκρέατος (6.41 % και 4.09 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40].

Στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε λυσοφοσφατιδυλοχολίνη (L-PC) (Πίνακας 10) σε πολύ μικρότερο ποσοστό από αυτό που προσδιορίστηκε στα πολικά λιπίδια των νωπών μυών πελαγίσσιου (10.89 %) [16] ιχθυοτροφείου (14.37%) και κατεψυγμένου (10.1 %) [17] *P. pagrus* (φαγκρί), της *Trachinus draco* (δράκαινας) (2.94 %) και του *Trigla lyra* (καπονιού) (7.55 %) [16], ενώ βρέθηκε ότι ήταν παρόμοιο με το ποσοστό της L-PC (1.63 %) στα πολικά λιπίδια των μυών της μαρίδας [18].



**Πίνακας 11 Σύσταση επιμέρους ουδετέρων και πολικών λιπιδίων σε mg λιπιδίων / 100 g νωπού ιστού του πελαγίσιου *Argyrosomus regius***

<b>Δείγματα</b>	<b>Μύες</b>	<b>Κεφάλι</b>	<b>Δέρμα</b>	<b>Ηπατοπάγκρεας</b>
TG	901.48±163.86a	5172.86±227.99b	3717.24±195.17c	1747.73±104.59d
Cholesterol	40.95±8.98a	41.72±2.95a	101.63±10.00b	17.06±2.48c
PE	81.69±9.71a	37.39±2.89b	93.58±10.73c	200.76±2.35d
PS+ PI	32.58±10.14a	-	-	-
PC	284.29±46.44a	245.53±13.44b	314.76±8.36c	301.78±3.04d
Sphm	15.31±1.58a	-	80.22±7.13b	-
I-PC	5.93±1.46a	-	-	-

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P < 0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%

Στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 11) παρουσιάζεται η σύσταση των ολικών λιπιδίων των ιστών (νωπών μυών, δέρματος, κεφαλιού και ηπατοπαγκρέατος) του πελαγίσιου κρانيού εκφρασμένη σε mg λιπιδίων/100 g νωπού ιστού, από τον οποίο προκύπτει η περιεκτικότητα των κάθε λιπιδικής τάξης σε όλους τους παραπάνω αναφερόμενους ιστούς του ψαριού.

Η ποσοτική κατά βάρος περιεκτικότητά τους παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα συγκριτικής μελέτης μεταξύ διαφορετικών ιστών του ιχθυηρού παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες για τη διατροφική αξία του συγκεκριμένου ψαριού. Από τα δεδομένα του Πίνακα 8 φαίνεται ότι η PC στα ολικά λιπίδια των νωπών μυών βρέθηκε σε τριπλάσιο σχεδόν ποσοστό συγκριτικά με τα ολικά λιπίδια του δέρματος και σε τετραπλάσιο από τα ολικά λιπίδια του κεφαλιού, ενώ στην πραγματικότητα (Πίνακα 11) βρέθηκε ότι ανά 100 g ιστού το δέρμα περιέχει σχεδόν την ίδια ποσότητα PC και το κεφάλι λίγο μικρότερη συγκριτικά με τα 100 g νωπών μυών.

Βάση των παραπάνω, από την κατανάλωση 100 g νωπού μυϊκού ιστού φαίνεται ότι ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει 901.48 mg τριγλυκεριδίων, 284.29 mg φωσφατοδυλοχολίνης, 81.69 mg

φωσφατοδουλοαιθανολαμίνης, 15.31 mg σφιγγομυελίνης, 40.95 mg χοληστερόλης και μικρές ποσότητες των υπόλοιπων λιπιδίων. Από την κατανάλωση 100 g δέρματος λαμβάνονται 3717.24 mg τριγλυκεριδίων, 314.76 mg φωσφατιδυλοχολίνης, 93.58 mg φωσφατοδουλοαιθανολαμίνης, 101.63 mg χοληστερόλης και μικρές ποσότητες από τα υπόλοιπα λιπίδια.

Από την κατανάλωση 100 g νωπού μυϊκού ιστού του κεφαλιού λαμβάνονται 5172.86 mg τριγλυκεριδίων, 245.53 mg φωσφατιδυλοχολίνης, 37.39 mg φωσφατοδουλοαιθανολαμίνης, 41.72 mg χοληστερόλης και χαμηλές ποσότητες από τα υπόλοιπα λιπίδια.

Η PC (λεκιθίνη) έχει χαρακτηριστεί ως απαραίτητο συστατικό της διατροφής του ανθρώπου με ελάχιστη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη 550 mg για τους άντρες και 450 mg για τις γυναίκες [51]. Σύμφωνα με τα παραπάνω 100 g νωπού μυϊκού ιστού καλύπτει σε μεγάλο ποσοστό τη συνιστώμενη αυτή ποσότητα. Επίσης η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα του μυός σε τριγλυκερίδια (Πίνακας 11), αντισταθμίζεται πλήρως από τη χαμηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και την ιδιαιτέρως υψηλή σε PC.

Όσον αφορά το δέρμα ενώ τα ποσοστά της χοληστερόλης και της PC είναι ικανοποιητικά, το ποσοστό των τριγλυκεριδίων είναι πολύ υψηλό. Για αποφυγή λοιπόν υψηλής πρόσληψης τριγλυκεριδίων μπορεί να αφαιρεθεί το δέρμα.

Ο νωπός μυϊκός ιστός και το δέρμα του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε ότι περιείχαν το ήμισυ της ποσότητας τριγλυκεριδίων σε σύγκριση με αυτούς του κρανίου ιχθυοτροφείου που περιείχαν 1611.56 mg και 7806.81 mg/100 g αντίστοιχα. Επίσης ο πελαγίσσιος κρανιός βρέθηκε ότι περιείχε μικρότερη ποσότητα τριγλυκεριδίων στο κεφάλι και μεγαλύτερη ποσότητα τριγλυκεριδίων στο ηπατοπάγκρεας από την περιεκτικότητά τους στο κεφάλι και το ηπατοπάγκρεας του κρανίου ιχθυοτροφείου που βρέθηκε ότι ήταν 7717.08 mg και 584.63 mg/100 g αντίστοιχα.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε PC του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρανίου ήταν μεγαλύτερη από την περιεκτικότητά της στους νωπούς μύες, κεφάλι και δέρμα του κρανίου ιχθυοκαλλιέργειας που βρέθηκε ότι ήταν 53.96 mg, 39.01 mg και 123.39 mg/100 g νωπού ιστού αντίστοιχα [40].

### 3.2.4 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των ιστών του *Argyrosomus regius*

Τα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του ψαριού *Argyrosomus regius*, προσδιορίστηκαν με αέρια χρωματογραφία (GC-FID) αφού πρώτα μετατράπηκαν στους αντίστοιχους μεθυλέστερες με ήπια αλκαλική μεθανόλυση (Κεφ. Υλικά και Μέθοδοι, παρ. 2.6.3.4). Τα αποτελέσματα των προσδιορισμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

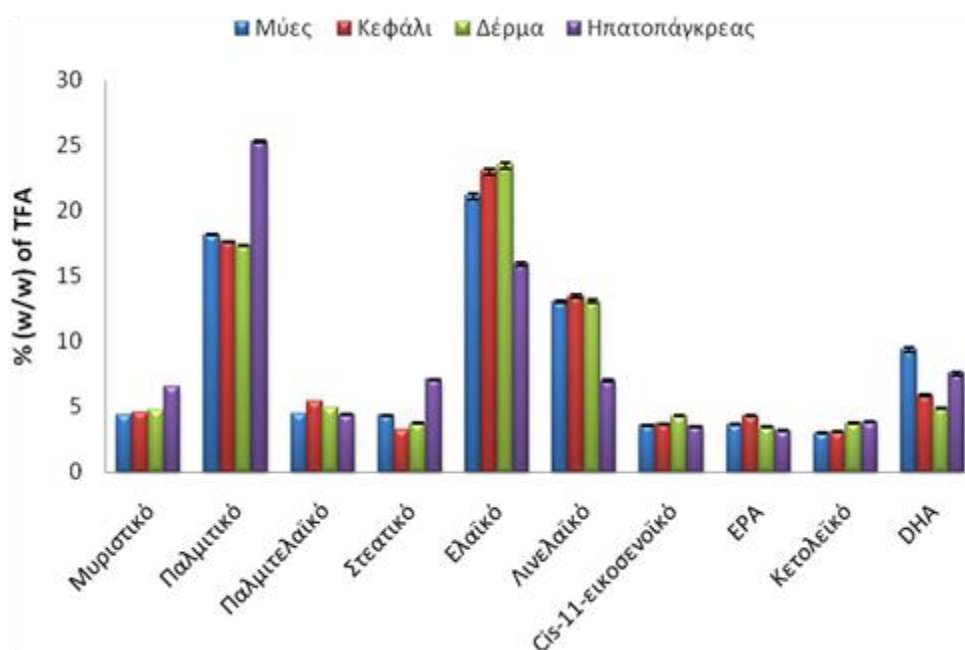
Πίνακας 12 Σύσταση % (w/w) λιπαρών οξέων επί των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσσιου *Argyrosomus regius*. (Μέσος όρος±SD, n = 5)

Λιπαρά οξέα		Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
Ονομασία	Χημικός τύπος				
Καπρινικό	C10:0	-	0.15±0.00a	0.24±0.00b	0.23±0.00c
Τριδεκανοϊκό	C13:0	-	0.04±0.00	-	-
<b>Μυριστικό</b>	<b>C14:0</b>	<b>4.37±0.01a</b>	<b>4.56±0.01b</b>	<b>4.75±0.01c</b>	<b>6.50±0.01d</b>
Μυριστελαϊκό	C14:1	0.16±0.00a	0.16±0.00b	0.17±0.00c	0.27±0.00d
Δεκαπεντανοϊκό	C15:0	0.47±0.00a	0.44±0.00b	0.48±0.00c	0.75±0.00d
Δεκαπεντενοϊκό	C15:1 ω-5	0.05±0.00a	0.07±0.00b	0.06±0.00c	0.08±0.00d
<b>Παλμιτικό</b>	<b>C16:0</b>	<b>18.15±0.05a</b>	<b>17.66±0.05b</b>	<b>17.37±0.05c</b>	<b>25.31±0.07d</b>
14-Μεθυλο-δεκαπεντανοϊκό	iso-C16:0	0.83±0.00a	0.87±0.00b	0.85±0.00b	0.88±0.00c
<b>Παλμιτελαϊκό</b>	<b>C16:1 ω-9 cis</b>	<b>4.47±0.01a</b>	<b>5.39±0.02b</b>	<b>4.90±0.01c</b>	<b>4.40±0.01d</b>
15-Μεθυλο-δεκαεξανοϊκό	iso-C17:0	0.72±0.00a	0.41±0.00b	0.83±0.00c	0.35±0.00d
cis-9.10-μεθυλενο-δεκαεξανοϊκό	cyclo-C17:0	0.28±0.00a	0.30±0.00b	0.54±0.00c	0.46±0.00d
Δεκαεπτανοϊκό	C17:0	0.32±0.00a	0.71±0.01b	0.70±0.01b	1.36±0.00c
Δεκαεπτενοϊκό	C17:1 ω-7 cis	0.11±0.00a	0.18±0.00b	0.13±0.00c	-
<b>Στεατικό</b>	<b>C18:0</b>	<b>4.34±0.05a</b>	<b>3.22±0.03b</b>	<b>3.71±0.04c</b>	<b>7.07±0.07d</b>
Ελαϊδικό	C18:1 ω-9 trans	-	-	0.06±0.00a	0.67±0.01b
<b>Ελαϊκό</b>	<b>C18:1 ω-9 cis</b>	<b>21.12±0.21a</b>	<b>23.02±0.23b</b>	<b>23.48±0.23b</b>	<b>15.93±0.16c</b>
Βακενικό	C18:1 ω-7 cis	2.61±0.01a	2.66±0.01a	2.73±0.01b	2.45±0.01c
CLA	C18:2 ω-6 cis-9, trans-11	0.18±0.00a	0.21±0.00b	0.20±0.00b	0.27±0.00c
<b>Λινελαϊκό</b>	<b>C18:2 ω-6 cis</b>	<b>13.05±0.13a</b>	<b>13.45±0.13a</b>	<b>13.06±0.13a</b>	<b>6.99±0.07b</b>
γ-Λινολενικό	C18:3 ω-6 cis	0.17±0.00a	0.19±0.00b	0.19±0.00b	0.58±0.00c
α-Λινολενικό	C18:3 ω-3 cis	1.66±0.01a	2.22±0.02b	1.80±0.02c	0.73±0.01d
Cis-6.9.12.15-	C18:4 ω-3 cis	0.79±0.00a	1.17±0.01b	0.86±0.00c	-

Δεκαοκτατετραενοϊκό					
Δεκαεννεαενοϊκό	C19:0	0.22±0.00a	0.21±0.00b	0.26±0.00c	0.28±0.00d
Αραχιδικό	C20:0	0.58±0.01a	0.59±0.01a	0.76±0.01b	0.38±0.00c
<b>Cis-11-εικοσενοϊκό</b>	<b>C20:1 ω-9 cis</b>	<b>3.57±0.05a</b>	<b>3.68±0.05a</b>	<b>4.29±0.06b</b>	<b>3.48±0.05c</b>
Cis-13.16-εικοσαδιενοϊκό	C20:2 ω-6 cis	0.44±0.01a	0.45±0.01a	0.45±0.01a	-
Cis-8.11.14-εικοσατριενοϊκό	C20:3 ω-6 cis	0.20±0.00a	0.14±0.00b	0.15±0.00c	-
Αραχιδονικό	C20:4 ω-6 cis	0.83±0.01a	0.49±0.01b	0.64±0.01c	0.94±0.01d
Cis-11.14.17-εικοσατριενοϊκό	C20:3 ω-3 cis	0.17±0.00a	0.18±0.00a	0.17±0.00a	-
Εικοσιεναϊκό	C21:0	0.66±0.01a	0.80±0.01b	0.71±0.01c	0.36±0.01d
<b>Cis-5.8.11.14.17-εικοσαπεντενοϊκό</b>	<b>C20:5 ω-3 cis</b>	<b>3.65±0.05a</b>	<b>4.29±0.06b</b>	<b>3.44±0.05c</b>	<b>3.17±0.04d</b>
Βεχενικό	C22:0	-	0.10±0.00	-	-
<b>Κετολείκό</b>	<b>C22:1 ω-11 cis</b>	<b>2.98±0.05a</b>	<b>3.04±0.05a</b>	<b>3.73±0.06b</b>	<b>3.83±0.06b</b>
Ερουκικό	C22:1 ω-9 cis	0.41±0.00a	0.39±0.00b	0.49±0.00c	0.47±0.00d
Cis-13.16-εικοσιδυοενοϊκό	C22:2 ω-6 cis	0.17±0.00a	0.22±0.00b	0.24±0.00b	0.43±0.01c
Cis-13.16-εικοσιδυοενοϊκό	C22:4 ω-6 cis	-	0.12±0.00	-	-
Cis-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό	C22:5 ω-6 cis	0.21±0.00a	0.14±0.00b	0.39±0.00c	1.71±0.01d
Cis-7.10.13.16.19-εικοσιδυοπεντενοϊκό	C22:5 ω-3 cis	0.23±0.00a	0.16±0.00b	0.14±0.00c	0.25±0.00d
Λιγνοκερικό	C24:0	1.86±0.03a	1.64±0.03b	1.63±0.03b	1.34±0.02c
<b>Cis-4.7.10.13.16.19-εικοσιδυοεξενοϊκό</b>	<b>C22:6 ω-3 cis</b>	<b>9.35±0.16a</b>	<b>5.84±0.11b</b>	<b>4.89±0.08c</b>	<b>7.55±0.13d</b>
Νερβονικό	C24:1 ω-9 cis	0.53±0.01a	0.37±0.01b	0.42±0.01c	0.47±0.01d
Σύνολο κορεσμένων	Σω:0 (SFA)	32.82±0.02a	31.73±0.17b	32.84±0.17a	45.29±0.22c
Σύνολο μονοακόρεστων	Σω:1 (MUFA)	36.02±0.35a	38.98±0.38b	40.49±0.40c	32.06±0.32d
Σύνολο πολυακόρεστων	Σω:n (PUFA)	31.15±0.40a	29.29±0.35b	26.67±0.32c	22.65±0.30d
Σύνολο ω-3	Σω:3	15.87±0.24a	13.86±0.19b	11.33±0.16c	11.70±0.19c
Σύνολο ω-6	Σω:6	15.28±0.16a	15.43±0.15a	15.34±0.16a	10.94±0.11b
	ω-3/ω-6	1.04±0.01a	0.89±0.00b	0.74±0.00c	1.07±0.01d
	MUFA/SFA	1.09±0.00a	1.23±0.00b	1.23±0.01b	0.71±0.00c
	PUFA/SFA	0.95±0.01a	0.92±0.01b	0.81±0.00c	0.50±0.00d
	DHA/EPA	2.56±0.01a	1.36±0.01b	1.42±0.01c	2.38±0.01d

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P<0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%.

Στα ολικά λιπίδια των νωπών μυών, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος προσδιορίστηκαν συνολικά 40 λιπαρά οξέα με 10 έως 24 άτομα άνθρακα και με 0 έως 6 διπλούς δεσμούς. Με **έντονη γραφή** επισημάνθηκαν τα είδη των λιπαρών οξέων που βρέθηκαν σε ποσοστό = ή > του 3% (w/w) επί των ολικών λιπαρών οξέων ή παρουσιάζουν διατροφικό ενδιαφέρον (Πίνακας 12).



**Σχήμα 5 Σύγκριση σύστασης % (w/w) των κυριότερων λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσσιου *Argyrosomus regius***

Το προφίλ των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών, δέρματος, κεφαλιού και ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κраниού δεν διαφέρουν στο είδος αλλά στα ποσοστά των λιπαρών οξέων.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 12, σε μεγαλύτερο ποσοστό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών, κεφαλιού και δέρματος του πελαγίσσιου κраниού, βρέθηκε ότι ήταν το ελαϊκό οξύ ενώ ακολουθούσαν σε αμέσως μικρότερο ποσοστό τα παλμιτικό οξύ, λινελαϊκό, DHA και παλμιτελαϊκό, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος σε μεγαλύτερο ποσοστό βρέθηκε το παλμιτικό και ακολουθούσαν τα ελαϊκό οξύ, DHA., στεατικό, λινελαϊκό και παλμιτελαϊκό. Στα ολικά λιπίδια όλων των παραπάνω αναφερόμενων ιστών του πελαγίσσιου κраниού το EPA βρέθηκε σε μικρό ποσοστό αλλά σε κάθε περίπτωση > του 3%.

Επίσης το προφίλ των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών ιστών (μύες, δέρμα, κεφάλι, ηπατοπάγκρεας) του πελαγίσσιου κρانيού, δεν διαφέρει από αυτό λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των αντίστοιχων ιστών του κρانيού ιχθυοκαλλιέργειας στο είδος των λιπαρών οξέων αλλά διαφέρει στο ποσοστό τους στα ολικά λιπίδια

Από τα δεδομένα του Πίνακα 12, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο σε ποσοστό κορεσμένο οξύ, ήταν το παλμιτικό (C16:0), το οποίο στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρانيού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος (20.89 %, 20.48 % και 21.28 % αντίστοιχα) του κρانيού ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρانيού βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος (19.19 %) του κρانيού ιχθυοτροφείου.

Επίσης το παλμιτικό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρانيού σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (22.81 %), κατεψυγμένου (20.90 %) και ιχθυοτροφείου (20.80 %) [16], [17], καθώς και από νωπής μαρίδας (19.13 %) [18] και από 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου στα οποία βρέθηκε ότι το ποσοστό παλμιτικού οξέος των νωπών μυών κυμαίνονταν από 27.48 % έως 34.93 % [19], ενώ βρέθηκε παρόμοιο (κατά μέσο όρο) με αυτό 8 ειδών ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 15.50 % έως 21.50 % [20].

Όσον αφορά το ελαϊκό οξύ (C18:1, ω-9), το μεγαλύτερο σε ποσοστό μονοακόρεστο λιπαρό οξύ (Πίνακας 12), αυτό βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρانيού σε μεγαλύτερο ποσοστό από το ποσοστό του ελαϊκού οξέος στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (17.60 %), του κεφαλιού (17.16 %), του δέρματος (16.17 %) και του ηπατοπαγκρέατος (15.08 %) του κρانيού ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το ελαϊκό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρانيού σε μεγαλύτερο ποσοστό από

αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσιου (18.85 %), κατεψυγμένου (12.60 %) και ιχθυοτροφείου (19.14 %) [16], [17], καθώς και από νωπής μαρίδας (7.48 %) [18], από 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου στα οποία βρέθηκε ότι το ποσοστό ελαϊκού οξέος των νωπών μυών κυμαίνονταν από 5.52 % έως 13.87 % [19] και από 8 είδη ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 5.27 % έως 20.80 % [20].

Επίσης από τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, το μεν *cis*-11-εικοσενοϊκό (C20:1, ω-9) βρίσκεται συνήθως σε χαμηλά ποσοστά στα λιπίδια των ψαριών, ενώ το κετολεϊκό οξύ (C22:1, ω-11) εμφανίζεται σπάνια σε ίχνη, στα λιπίδια των ψαριών. Ωστόσο στα λιπίδια του πελαγίσιου κρανίου βρέθηκαν σε σχετικά σημαντικά ποσοστά. Όπως φαίνεται το *cis*-11-εικοσενοϊκό (Πίνακας 12) βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσου κρανίου σε μικρότερο ποσοστό από το ποσοστό του *cis*-11-εικοσενοϊκού στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (4.47 %), του κεφαλιού (4.04 %) και του δέρματος (4.84 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος (3.20 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου. Όσον αφορά το κετολεϊκό οξύ (Πίνακας 12) βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσου κρανίου σε μικρότερο ποσοστό από το ποσοστό του κετολεϊκού οξέος στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (4.54 %), του κεφαλιού (4.20 %) και του δέρματος (4.94 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος (2.92 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40]. Τα μεγαλύτερα ποσοστά του *cis*-11-εικοσενοϊκού και κετολεϊκού οξέος στα λιπίδια του κρανίου ιχθυοτροφείου είναι πιθανόν να οφείλονται στη διατροφή του ψαριού.

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που βρίσκονται σε μεγαλύτερα ποσοστά στα ολικά λιπίδια στο πελαγίσιο κρανίο είναι το εικοσιπεντενοϊκό (EPA) το εικοσιδυοεξενοϊκό (DHA) και το λινελαϊκό.

Από τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα το λινελαϊκό οξύ (C18:2, ω-6) (Πίνακας 12) βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσου κρανίου από το ποσοστό του λινελαϊκού οξέος στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (7.58 %), του κεφαλιού (7.74 %), του δέρματος (7.16 %) και του ηπατοπαγκρέατος (6.88 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το λινελαϊκό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσου (1.14 %), κατεψυγμένου (1.35 %) και ιχθυοτροφείου (7.48 %) [16], [17], του *P. ragrus* (φαγκρί) τρεφόμενου με ελεγχόμενη δίαιτα (4.5-5.4 %) [50], από νωπής μαρίδας (1.90 %) [18], καθώς και λαβρακιού πελαγίσου και ιχθυοτροφείου (3.2 % και 5.7 % των ολικών λιπαρών οξέων αντίστοιχα) [52].

Επί πλέον το λινελαϊκό οξύ στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από το αυτό που βρέθηκε σε 11 είδη ψαριών στη περιοχή της Μεσογείου που κυμαίνονταν από 0.6 % έως 1.54 % [19] και σε 8 είδη ψαριών στην θαλάσσια περιοχή της Τουρκίας που κυμαίνονταν από 0.99 % έως 4.03 % [20]. Επίσης βρέθηκε μεγαλύτερο από το ποσοστό του λινελαϊκού οξέος που βρέθηκε στους μύες ψαριών των τροπικών θαλασσών όπως για παράδειγμα σε τρία είδη στη Μαλαισία στα οποία το ποσοστό του κυμαίνονταν από 4.91 έως 8.34 % [53].

Το ποσοστό του λινελαϊκού οξέος διαφέρει σημαντικά τόσο μεταξύ του πελαγίσου και ιχθυοτροφείου κρανίου, όσο και με δεδομένα από την διεθνή βιβλιογραφία. Η διαφορά αυτή δεν παρατηρείται μόνο στα ποσοστά του λινελαϊκού οξέος αλλά και στο γεγονός ότι στις περισσότερες έρευνες το ποσοστό του λινελαϊκού οξέος στο πελαγίσιο ψάρι ήταν μικρότερο από αυτό του ιχθυοτροφείου, ενώ στην περίπτωση του κρανίου το ποσοστό στο πελαγίσιο βρέθηκε ότι ήταν σχεδόν διπλάσιο από αυτό του ιχθυοτροφείου [40].

Το EPA (C20:5, ω-3) στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε σε μικρότερα ποσοστά από το ποσοστό του EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού



ιστού (4.38 %), του κεφαλιού (5.99 %), του δέρματος (3.72 %) και του ηπατοπαγκρέατος (6.13 %) του κρανίου ιχθυοκαλλιέργειας [40].

Επίσης το EPA βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) κατεψυγμένου (5.80 %) και ιχθυοτροφείου (4.48 %) [17], καθώς και από νωπής μαρίδας (7.06 %) [18], από 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου στα οποία βρέθηκε ότι το ποσοστό παλμιτικού οξέος των νωπών μυών κυμαίνονταν από 5.03% έως 8.61% [19] και από 8 είδη ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 4.74 έως 11.70 % [20], ενώ το EPA βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (3.12 %) [16].

Το εικοσιδυοεξανοϊκό οξύ (DHA) (C22:6, ω-3) είναι συνήθως το κυριότερο πολυακόρεστο οξύ των υδροβίων οργανισμών. Το ποσοστό του στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό του DHA των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (5.48 %) και του δέρματος (4.19 %) και μικρότερο από το ποσοστό του DHA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του κεφαλιού (6.60 %) και του ηπατοπαγκρέατος (15.27 %) του κρανίου ιχθυοκαλλιέργειας [40], δεν συμφωνεί με δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία, επειδή συνήθως, τα ολικά λιπίδια των ψαριών του ιχθυοτροφείου περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά DHA από τα πελαγίσια [54]. Το ποσοστό του DHA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε μικρότερο από το ποσοστό του DHA στα λιπίδια ειδών ψαριών της θαλάσσιας περιοχής του Αιγαίου και της Μαύρης Θάλασσας στους μύες των οποίων βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 15 έως 35 % [55].

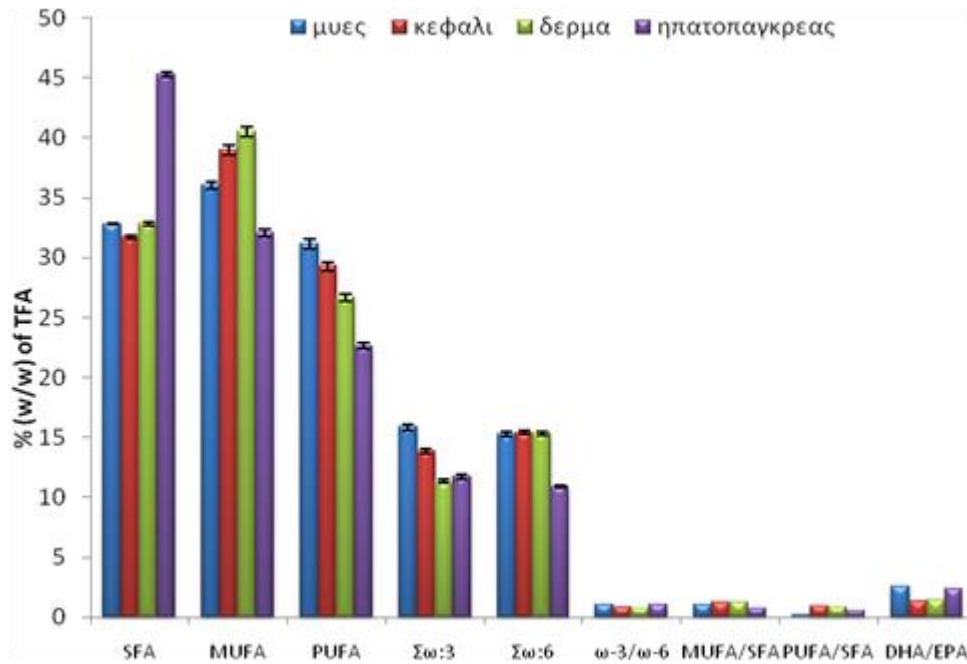
Επίσης το DHA βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) κατεψυγμένου (15.7 %) και πελαγίσσιου (18.73 %) [16], [17], καθώς και από νωπής μαρίδας (35.43 %) [18], από 11 είδη ψαριών της περιοχής της

Μεσογείου στα οποία βρέθηκε ότι το ποσοστό του DHA των νωπών μυών κυμαίνονταν από 9.85 έως 17.39 % [19], ενώ το DHA βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (7.67 %) [16].

Επίσης το ποσοστό του DHA των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε παρόμοιο (κατά μέσο όρο) με αυτό 8 ειδών ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 7.69 έως 36.20 % [20].

Η αναλογία DHA/EPA βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρανίου συγκρινόμενη με την αναλογία αυτή στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού 1.25, του κεφαλιού 1.10 και του δέρματος 1.13 του κρανίου ιχθυοκαλλιέργειας. Αντίθετα η αναλογία DHA/EPA βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανίου από αυτήν του κρανίου ιχθυοκαλλιέργειας που ήταν 2.50 [40].

Η αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη από την αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (6.00) και κατεψυγμένου (2.71) [16] και από νωπής μαρίδας (25.86) [17], [18], ενώ βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη από την αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (1.71) [16].



Σχήμα 6 : Σύγκριση ποσοστών % (w/w) των συνόλων και των αναλογιών των λιπαρών οξέων στα ολικά λιπίδια των ιστών του πελαγίσσιου *Argyrosomus regius*

## ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ, ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 12, το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κраниού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (38.01 %), του κεφαλιού (35.63 %) και του δέρματος (40.00 %) του κраниού ιχθυοτροφείου και μεγαλύτερο από το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος (36.10 %) του κраниού ιχθυοτροφείου [40]. Το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κраниού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (38.82 %) και κατεψυγμένου (44.0 %) [16], [17], νωπής μαρίδας (35.63%) [18], καθώς και από 11 είδη ψαριών της περιοχής της Μεσογείου στα οποία βρέθηκε ότι το ποσοστό του ΣSFA των νωπών μυών κυμαίνονταν από 38.11 έως 49.80 % [19], ενώ βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά

οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (32.21 %) [16].

Επίσης το ποσοστό του ΣSFA των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσσιου κρaniuού βρέθηκε παρόμοιο (κατά μέσο όρο) με αυτό 8 ειδών ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαινόταν από 25.5 έως 38.7% [20].

Αυτό οφείλεται πιθανώς στο ότι στα ψάρια των θαλασσών της τροπικής ζώνης, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα έχουν την τάση να εμφανίζονται σε υψηλότερα ποσοστά, λόγω του ότι, με την αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας μειώνεται η ακορεστότητα των λιπαρών οξέων [16].

#### Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα

Το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρaniuού (Πίνακας 12) βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο συγκρινόμενο με το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (38.12 %) του κρaniuού ιχθυοκαλλιέργειας, ενώ βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του κεφαλιού (36.72 %), του δέρματος (38.70 %) και του ήπατοπαγκρέατος (38.70 %) του κρaniuού ιχθυοκαλλιέργειας [40].

Επί πλέον το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρaniuού (Πίνακας 12) βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (34.33 %) και κατεψυγμένου (26.3 %) [16], [17], από νωπής μαρίδας (13.73 %) [18] και από αυτό 11 ειδών ψαριών της περιοχής της Μεσογείου στα οποία το ποσοστό των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων των νωπών μυών βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 17.82 έως 32.39 % [19], ενώ βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (47.11 %) [16].

Επίσης το ποσοστό του ΣMUFA των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσσιου κρaniuού βρέθηκε παρόμοιο (κατά μέσο όρο) με αυτό 8 ειδών ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 13.2 έως 27.0% [20].

### Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

Το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρانيού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο συγκρινόμενο με το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (23.87 %), του κεφαλιού (27.65 %) και του δέρματος (21.30 %) του κρانيού ιχθυοκαλλιέργειας, ενώ το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρانيού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο σε σύγκριση με αυτό του κρانيού ιχθυοκαλλιέργειας (35.95 %) [40].

Επί πλέον το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρانيού (Πίνακας 12) βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (26.50 %), κατεψυγμένου (29.10 %) και ιχθυοτροφείου (20.41 %) [16], [17], ενώ βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού μαρίδας (50.64 %) [18]. Επίσης το ποσοστό του ΣΡUFA των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών μυών του πελαγίσσιου κρانيού βρέθηκε παρόμοιο (κατά μέσο όρο) με αυτό 11 ειδών ψαριών της περιοχής της Μεσογείου που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 27.66 έως 34.70% [19] και με αυτό 8 ειδών ψαριών από τα παράλια της Τουρκίας που βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 24.8 έως 46.4 % [20].

### ω3/ω6

Η αναλογία ω3/ω6 βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρانيού συγκρινόμενη με την αναλογία ω3/ω6 στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (1.50), του κεφαλιού (1.73), του δέρματος (1.28) και του ηπατοπαγκρέατος (2.26) του κρانيού ιχθυοκαλλιέργειας [40]. Η αναλογία ω3/ω6 στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρانيού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη από την αναλογία ω3/ω6 στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (4.84), κατεψυγμένου (3.02) και ιχθυοτροφείου (1.48) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (9.68) [18]. Βρέθηκε επίσης μικρότερη από την αναλογία ω3/ω6 των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων των νωπών

μυών 11 είδη ψαριών της θαλάσσιας περιοχής της Μεσογείου η οποία βρέθηκε ότι κυμαίνονταν από 2.46 έως 5.58 [19].

Τα ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα είναι συστατικά των μεμβρανών των κυττάρων και πρόδρομες ενώσεις πολλών ουσιών στον οργανισμό, όπως ουσιών που εμπλέκονται στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και τη φλεγμονώδη απόκριση του οργανισμού. Το ανθρώπινο σώμα είναι ικανό να παράγει όλα τα λιπαρά οξέα που χρειάζεται, εκτός από δύο: το λινελαϊκό οξύ, ένα ω-6 λιπαρό οξύ, και το α-λινολεϊκό οξύ, ένα ω-3 λιπαρό οξύ. Τα παραπάνω είναι αναγκαίο να λαμβάνονται μέσω της διατροφής και γι' αυτό τον λόγο ονομάζονται «απαραίτητα λιπαρά οξέα». Και τα δύο είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και ανάπλαση του οργανισμού, ενώ χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα και για τη σύνθεση άλλων λιπαρών οξέων [π.χ. το αραχιδονικό οξύ σχηματίζεται από το λινελαϊκό οξύ]. Ωστόσο, λόγω του ότι μέσα στον οργανισμό η σύνθεση δύο εκ των ω-3 λιπαρών οξέων, του EPA και του DHA είναι περιορισμένη, συστήνεται η καθημερινή διατροφή να περιλαμβάνει και πηγές των παραπάνω λιπαρών οξέων. Στο ανθρώπινο σώμα το α-λινολεϊκό οξύ και το λινελαϊκό οξύ ανταγωνίζονται για τον μεταβολισμό τους μέσω του ενζύμου δέλτα-6-δεσατουράση (Δ6 - desaturase). Το παραπάνω γεγονός θεωρείται σημαντικό για την υγεία, αφού υψηλή πρόσληψη λινελαϊκού οξέος θα μπορούσε να μειώσει την ποσότητα του ενζύμου που υπάρχει διαθέσιμη για τον μεταβολισμό του α-λινολεϊκού οξέος, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο για καρδιαγγειακές παθήσεις. Η παραπάνω θεωρία βασίστηκε σε δεδομένα που έδειξαν ότι τα τελευταία 150 χρόνια, οι προσλήψεις ω-6 αυξήθηκαν, ενώ, αντίθετα, οι προσλήψεις ω-3 μειώθηκαν, παράλληλα με την αύξηση καρδιακών παθήσεων. Έτσι, αναπτύχθηκε η ιδέα της ύπαρξης μιας «ιδανικής» αναλογίας ω-6 προς ω-3 λιπαρών οξέων στη διατροφή [56].

Η αναλογία ω-3/ω-6 είναι πολύ σημαντική για την αξιολόγηση της διατροφικής αξίας του ψαριού, καθώς όσο μεγαλύτερη της μονάδας είναι, τόσο πιο ωφέλιμο θεωρείται για την ανθρώπινη διατροφή. Ειδικότερα σήμερα, που στις δυτικές χώρες η ανθρώπινη διατροφή αποτελείται κυρίως από ω-6 λιπαρά οξέα, τα ψάρια είναι απαραίτητα για τον οργανισμό αφού είναι πλούσια πηγή σε ω-3 [16].

Η ισορροπία μεταξύ των δύο ομάδων απαραίτητων λιπαρών οξέων είναι σημαντική για την ομοιόσταση και φυσιολογική ανάπτυξη του οργανισμού. Η

ισορροπία μεταξύ  $\omega$ -6 και  $\omega$ -3, συμβάλλει στον καθορισμό των αλληλεπιδράσεων τους με τον μεταβολισμό του αραχιδονικού, καθώς το EPA και το DHA ανταγωνίζονται με το αραχιδονικό για το σχηματισμό εικοσανοειδών. Για παράδειγμα, εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα  $\omega$ -3, στρέφουν την ισορροπία της παραγωγής εικοσανοειδών προς μια περισσότερο θρομβωτική κατάσταση και ενέχονται σε μεγάλο βαθμό στη συχνότητα των καρδιαγγειακών νόσων, ενώ επίσης συνεισφέρουν στη δημιουργία αλλεργικών και φλεγμονωδών διαταραχών [57]. Συνεπώς, η υψηλή αναλογία  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 είναι περισσότερο επιθυμητή, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος χρόνιων παθήσεων. Δεδομένου ότι πολλές από αυτές τις παθήσεις είναι πολυπαραγοντικές και πολυγονιδιακές, η βέλτιστη αναλογία  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 ποικίλλει ανάλογα με την εκάστοτε ασθένεια [58].

Τα λιπαρά οξέα  $\omega$ -3 (EPA, DHA) αποτελούν μια μοναδική ουσία των ψαριών και των ιχθυελαίων. Το DHA αποτελεί το βασικό συστατικό του λίπους του εγκεφάλου. Περισσότερο από το 60 % του καθαρού βάρους του εγκεφάλου είναι λίπος. Το DHA, είναι απαραίτητο για την κατασκευή του νευρικού ιστού και βοηθάει τις λειτουργίες του νευρικού συστήματος, ενώ το EPA συνδέεται με την προστασία από διάφορες καρδιαγγειακές παθήσεις. Γι αυτό τα ιχθυέλαια βοηθούν την μνήμη, την κατάθλιψη, την ικανότητα συγκέντρωσης και πολλά άλλα.

Ο κύκλος του DHA στον εγκέφαλο είναι πολύ γρήγορος. Τα PUFA του εγκεφάλου είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένα στο οξειδωτικό στρες και δεν υπάρχει κανένας γνωστός μηχανισμός για την αναστροφή της εν λόγω οξειδωσης, αφού έχει λάβει μέρος. Μερικώς οξειδωμένα λιπαρά οξέα πρέπει να διασπαστούν και να αντικατασταθούν από νέα λιπαρά οξέα. Δεδομένου ότι ο εγκέφαλος έχει μια πολύ περιορισμένη ικανότητα για σύνθεση νέων  $\omega$ -3 λιπαρών οξέων, πρέπει να γίνει εισαγωγή εξωτερικά. Τα φωσφολιπίδια των ιχθυηρών μπορούν να διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό την μεταφορά  $\omega$ -3 λιπαρών οξέων μέσω του αιματοεγκεφαλικού φραγμού (blood-brain barrier) εμποδίζοντας έτσι τα πιθανά προβλήματα ανεπάρκειας τους στον εγκέφαλο. Συνεπώς, η εκτίμηση της σύστασης των φωσφολιπιδίων καθώς και των λιπαρών τους οξέων στο μυϊκό ιστό των ψαριών (εδώδιμο μέρος), θεωρείται χρήσιμη για την αξιολόγηση της συμβολής τους στην ανθρώπινη υγεία [58].

Διατροφικές συστάσεις για την ημερήσια πρόσληψη ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (DHA + EPA) έχουν δημοσιευθεί από αρκετές διεθνείς επιστημονικές αρχές [Health and Welfare Canada, 1990; National Institutes of Health (Simopoulos et al., 1999), British Nutrition Foundation (BNF, 2000); United States Food and Nutrition Board Institute of Medicine (IOM, 2002); International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids (ISSFAL, 2004)] και κυμαίνονται από 1.6 έως 0.5 g για υγιείς ενήλικες, βρέφη, έγκυες και γυναίκες που θηλάζουν. Η American Heart Association (AHA) συνιστά επίσης, για άτομα που πάσχουν από στεφανιαία καρδιακή νόσο, μια συνδυασμένη πρόσληψη DHA + EPA 900-1000 mg/ημέρα και 4 g/ημέρα για αυτούς με υψηλά επίπεδα τριγλυκεριδίων στο αίμα (χωρίς να προσδιορίζει την αναλογία των δυο συστατικών στο μίγμα) [58].



### 3.2.5 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων και των τριγλυκεριδίων με GC-FID ανάλυση

Τα λιπαρά οξέα των πολικών λιπιδίων και των τριγλυκεριδίων των νωπών μυών, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του ψαριού *Argyrosomus regius*, μετά από παρασκευαστική TLC, προσδιορίστηκαν με αέρια χρωματογραφία (GC-FID) αφού πρώτα μετατράπηκαν στους αντίστοιχους μεθυλέστερες με ήπια αλκαλική μεθανόλυση (Κεφ. Υλικά και Μέθοδοι, παρ. 2.6.3.2. και 2.6.3.4.). Τα αποτελέσματα των προσδιορισμών παρουσιάζονται στους Πίνακες 13,14.

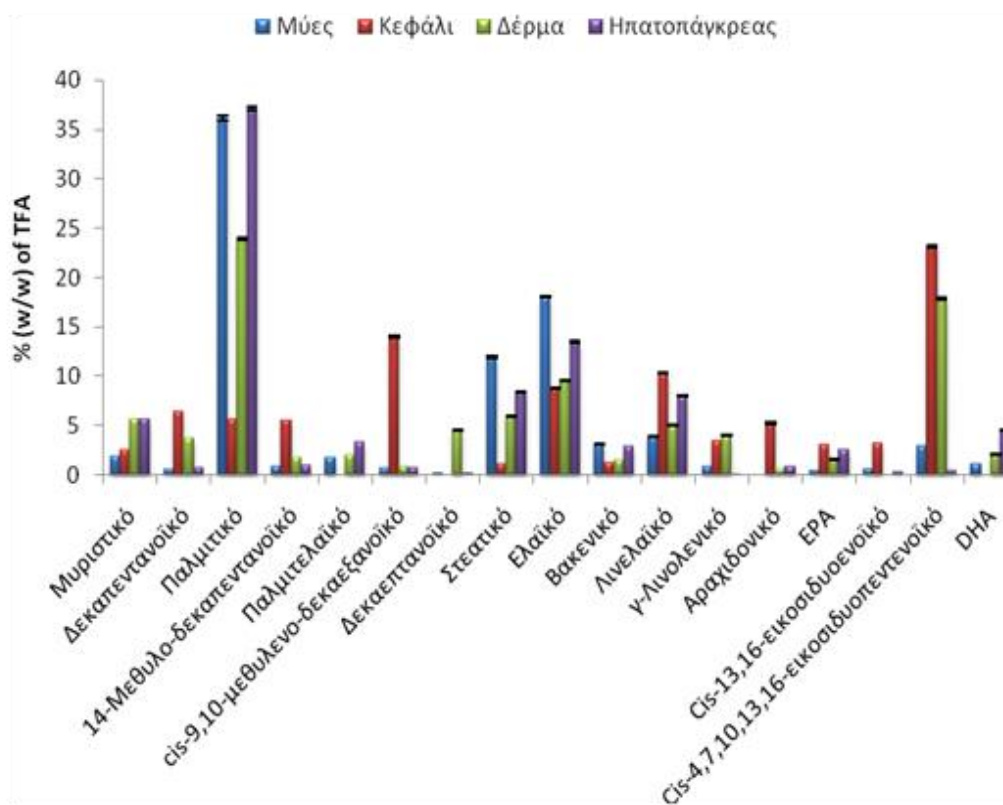
Πίνακας 13 Σύσταση % (w/w) λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσσιου *Argyrosomus regius*. (Μέσος όρος±SD, n = 5)

Λιπαρά οξέα		Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
Όνομασία	Χημικός τύπος				
Καπρινικό	C10:0	1.11±0.00	-	-	-
<b>Μυριστικό</b>	<b>C14:0</b>	<b>1.91±0.00a</b>	<b>2.49±0.01b</b>	<b>5.62±0.01c</b>	<b>5.64±0.01c</b>
Μυριστελαϊκό	C14:1	0.23±0.00a	1.19±0.00b	0.72±0.00c	0.26±0.00d
Iso- Δεκαπεντανοϊκό	iso C15:0	0.14±0.00a	-	-	0.07±0.00b
<b>Δεκαπεντανοϊκό</b>	<b>C15:0</b>	<b>0.54±0.00a</b>	<b>6.40±0.01b</b>	<b>3.68±0.01c</b>	<b>0.76±0.00d</b>
Δεκαπεντενοϊκό	C15:1 ω-5	0.35±0.00a	-	-	0.17±0.00b
<b>Παλμιτικό</b>	<b>C16:0</b>	<b>36.18±0.22a</b>	<b>5.58±0.03b</b>	<b>23.97±0.14c</b>	<b>37.12±0.22d</b>
<b>14-Μεθυλο-δεκαπεντανοϊκό</b>	<b>iso-C16:0</b>	<b>0.82±0.00a</b>	<b>5.48±0.02b</b>	<b>1.76±0.01c</b>	<b>0.95±0.00d</b>
Παλμιτελαϊκό	C16:1 ω-9 <i>cis</i>	1.76±0.01a	-	1.98±0.01b	3.30±0.02c
15-Μεθυλο-δεκαεξανοϊκό	iso-C17:0	0.35±0.00a	-	0.81±0.00b	0.40±0.00c
Κυκλο-δεκαεπτανοϊκό	cyclo-C17:0	0.65±0.00a	14.04±0.12b	0.88±0.01c	0.70±0.01a
<b>Δεκαεπτανοϊκό</b>	<b>C17:0</b>	<b>0.18±0.00a</b>	-	<b>4.53±0.03b</b>	<b>0.22±0.00c</b>
Δεκαεπτενοϊκό	C17:1 ω-7 <i>cis</i>	1.22±0.01a	-	1.69±0.02b	0.29±0.00c
<b>Στεατικό</b>	<b>C18:0</b>	<b>11.98±0.12a</b>	<b>1.14±0.01b</b>	<b>5.97±0.06c</b>	<b>8.39±0.09d</b>
Ελαϊδικό	C18:1 ω-9 <i>trans</i>	-	-	-	-
<b>Ελαϊκό</b>	<b>C18:1 ω-9 <i>cis</i></b>	<b>18.04±0.11a</b>	<b>8.78±0.05b</b>	<b>9.58±0.06c</b>	<b>13.49±0.08d</b>
<b>Βακενικό</b>	<b>C18:1 ω-7 <i>cis</i></b>	<b>3.11±0.03a</b>	<b>1.27±0.01b</b>	<b>1.46±0.01c</b>	<b>2.87±0.03d</b>
Λινελαϊδικό	C18:2 ω-6 <i>trans</i>	1.46±0.01a	-	-	0.21±0.00b
<b>Λινελαϊκό</b>	<b>C18:2 ω-6 <i>cis</i></b>	<b>3.84±0.04a</b>	<b>10.30±0.10b</b>	<b>5.03±0.05c</b>	<b>7.99±0.08d</b>
<b>γ-Λινολενικό</b>	<b>C18:3 ω-6 <i>cis</i></b>	<b>0.88±0.01a</b>	<b>3.41±0.03b</b>	<b>3.96±0.04c</b>	<b>0.11±0.00d</b>
α-Λινολενικό	C18:3 ω-3 <i>cis</i>	1.41±0.01a	-	1.47±0.01b	0.44±0.00c
Cis-6.9.12.15-	C18:4 ω-3 <i>cis</i>	-	1.44±0.01a	0.96±0.01b	0.06±0.00c

Δεκαοκτατετραενοϊκό					
Δεκαεννεανοϊκό	C19:0	0.39±0.00a	1.23±0.02b	-	0.27±0.00c
Αραχιδικό	C20:0	0.38±0.00a	-	-	0.22±0.00b
<i>cis</i> -11-εικοσενοϊκό	C20:1 ω-9 <i>cis</i>	2.49±0.03a	-	0.99±0.01b	2.69±0.04c
<i>cis</i> -13.16-εικοσαδιενοϊκό	C20:2 ω-6 <i>cis</i>	0.18±0.00a	-	1.18±0.01b	0.35±0.00c
<i>cis</i> -8.11.14-εικοσατριενοϊκό	C20:3 ω-6 <i>cis</i>	-	-	0.66±0.01a	0.12±0.00b
<b>Αραχιδονικό</b>	<b>C20:4 ω-6 <i>cis</i></b>	-	<b>5.21±0.08a</b>	<b>0.56±0.01b</b>	<b>0.87±0.01c</b>
<i>Cis</i> -11.14.17-εικοσατριενοϊκό	C20:3 ω-3 <i>cis</i>	1.07±0.01a	-	1.03±0.01b	0.20±0.00c
<b><i>cis</i>-5.8.11.14.17-εικοσαπεντενοϊκό</b>	<b>C20:5 ω-3 <i>cis</i></b>	<b>0.45±0.01a</b>	<b>3.05±0.04b</b>	<b>1.57±0.02c</b>	<b>2.54±0.03d</b>
Κετολεϊκό	C22:1 ω-11 <i>cis</i>	0.92±0.01a	-	-	2.12±0.04b
Ερουκικό	C22:1 ω-9 <i>cis</i>	0.92±0.00a	-	-	0.23±0.00b
<b><i>Cis</i>-13.16-εικοσιδυοενοϊκό</b>	<b>C22:2 ω-6 <i>cis</i></b>	<b>0.59±0.01a</b>	<b>3.17±0.05b</b>	-	<b>0.35±0.01c</b>
<i>Cis</i> -13.16-εικοσιδυοενοϊκό	C22:4 ω-6 <i>cis</i>	1.17±0.01a	2.65±0.01b	-	0.21±0.00c
<b><i>Cis</i>-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό</b>	<b>C22:5 ω-6 <i>cis</i></b>	<b>2.89±0.02a</b>	<b>23.16±0.14b</b>	<b>17.83±0.10c</b>	<b>0.41±0.00d</b>
<i>Cis</i> -7.10.13.16.19-εικοσιδυοπεντενοϊκό	C22:5 ω-3 <i>cis</i>	0.36±0.00a	-	-	0.20±0.00b
Λιγνοκερικό	C24:0	0.19±0.00a	-	-	0.81±0.01b
<b><i>Cis</i>-4.7.10.13.16.19-εικοσιδυοεξενοϊκό</b>	<b>C22:6 ω-3 <i>cis</i></b>	<b>1.07±0.02a</b>	-	<b>2.09±0.04b</b>	<b>4.55±0.08c</b>
Νερβονικό	C24:1 ω-9 <i>cis</i>	0.76±0.02a	-	-	0.39±0.01b
Σύνολο κορεσμένων	Σω:0 (SFA)	54.81±0.38a	36.37±0.22b	47.22±0.27c	55.57±0.36a
Σύνολο μονοακόρεστων	Σω:1 (MUFA)	29.80±0.23a	11.23±0.07b	16.42±0.12c	25.81±0.22d
Σύνολο πολυακόρεστων	Σω:n (PUFA)	15.39±0.15a	52.40±0.47b	36.33±0.32c	18.62±0.23d
Σύνολο ω-3	Σω:3	4.39±0.05a	4.50±0.05a	6.61±0.10b	7.99±0.13c
Σύνολο ω-6	Σω:6	11.00±0.10a	47.90±0.42b	29.72±0.23c	10.63±0.11a
	Ω-3/ω-6	0.40±0.00a	0.10±0.00b	0.22±0.00c	0.75±0.00d
	MUFA/SFA	0.54±0.00a	0.31±0.00b	0.35±0.00c	0.46±0.00d
	PUFA/SFA	0.28±0.00a	1.44±0.00b	0.77±0.00c	0.33±0.00d
	DHA/EPA	0.38±0.01a	-	1.33±0.01b	1.79±0.00c

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P<0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%.

Στα ολικά πολικά λιπίδια του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος βρέθηκαν συνολικά 39 λιπαρά οξέα. Με **έντονη γραφή** επισημάνθηκαν τα είδη των λιπαρών οξέων που βρέθηκαν σε ποσοστό = ή > του 3% (w/w) επί των πολικών λιπαρών οξέων ή παρουσιάζουν διατροφικό ενδιαφέρον (Πίνακας 13).



**Σχήμα 7 Σύγκριση σύστασης % (w/w) των κυριότερων λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου *Arggyrosomus regius***

Στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων α) του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κраниού σε μεγαλύτερο ποσοστό βρέθηκε το παλμιτικό (36.18 %), ενώ αμέσως μετά το ελαϊκό (18.04 %), το στεατικό (11.98 %) και το λινελαϊκό (3.84 %) οξύ, β) του κεφαλιού σε μεγαλύτερο ποσοστό βρέθηκε το cis-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό (23.16 %), και ακολουθούν το cis-9.10-μεθυλενο-δεκαεξανοϊκό (14.04 %), το λινελαϊκό (10.30 %), το ελαϊκό (8.78 %), το δεκαπεντανοϊκό (6.40 %) και το παλμιτικό (5.58 %) οξύ, γ) του δέρματος σε μεγαλύτερα ποσοστά βρέθηκαν κατά σειρά το παλμιτικό (23.97 %), το cis-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό (17.83 %), το ελαϊκό (9.58 %), το μυριστικό (5.62 %) και το λινελαϊκό (5.03 %) οξύ δ) ενώ στο ηπατοπάγκρεας στο

παλμιτικό (37.12 %), το ελαϊκό (13.49 %), το στεατικό (8.39 %) και το λινελαϊκό (7.99 %) οξύ.

Όσον αφορά τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, από τα δεδομένα του Πίνακα 13 φαίνεται ότι το παλμιτικό οξύ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (19.45 %, 21.67 % και 17.82 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού (19.79 %) του κраниού ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κраниού το παλμιτικό οξύ βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσιου (33.47 %), κατεψυγμένου (21.6 %) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (17.09 %) [18], ενώ βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (37.5 %) [16].

Το στεατικό οξύ, το αμέσως σε μεγαλύτερο ποσοστό κορεσμένο λιπαρό οξύ των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσιου κраниού (Πίνακας 13) βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (3.25 %, 2.86 % και 4.64 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού (3.33 %) του κраниού ιχθυοτροφείου [40].

Επί πλέον το στεατικό οξύ των λιπαρών οξέων των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσιου (10.34 %), ιχθυοτροφείου (8.73 %) [16], [17] καθώς και της νωπής μαρίδας (6.82 %) [18], ενώ βρέθηκε σε μικρότερο

ποσοστό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) κατεψυγμένου (15.3 %) [16].

Το μυριστικό οξύ των λιπαρών οξέων των ολικών πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσου κρaniuού (Πίνακας 13) βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (8.13 %, 6.32 %, 9.12 % και 6.43 % αντίστοιχα) του κρaniuού ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το μυριστικό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρaniuού σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσου (1.37 %), κατεψυγμένου (1.00 %) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (0.74 %) [18] ενώ βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (3.65 %) [16].

Όσον αφορά το ελαϊκό οξύ, το μεγαλύτερο σε ποσοστό μονοακόρεστο λιπαρό οξύ (Πίνακας 13), βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρaniuού σε μεγαλύτερο ποσοστό από το ποσοστό του ελαϊκού οξέος στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού (16.76 %) του κρaniuού ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσου κρaniuού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (16.84 %, 16.75 % και 14.78 %) του κρaniuού ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το ελαϊκό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρaniuού σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσου (11.31 %), ιχθυοτροφείου (13.7 %) και κατεψυγμένου (15.6 %) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (7.09 %) [18].

Όσον αφορά τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, από τα δεδομένα του Πίνακα 13 φαίνεται ότι το λινελαϊκό οξύ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού και του δέρματος του πελαγίσου κρaniuού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού και του δέρματος (7.86 % και 7.28 % αντίστοιχα) του

κρανιού ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού και του ηπατοπαγκρέατος (7.81 % και 7.25 % αντίστοιχα) του κρανιού ιχθυοτροφείου [40].

Το λινελαϊκό οξύ (Πίνακας 13) βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (1.20 %), κατεψυγμένου (1.50 %) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (1.25 %) [18], ενώ βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου (5.20 %) [16].

Όσον αφορά το EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε να είναι μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (6.17 %, 7.13 %, 5.34 % και 7.85 % αντίστοιχα) του κρανιού ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το EPA βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (3.29 %), ιχθυοτροφείου (2.46%) και κατεψυγμένου (5.16 %) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (7.26 %) [18].

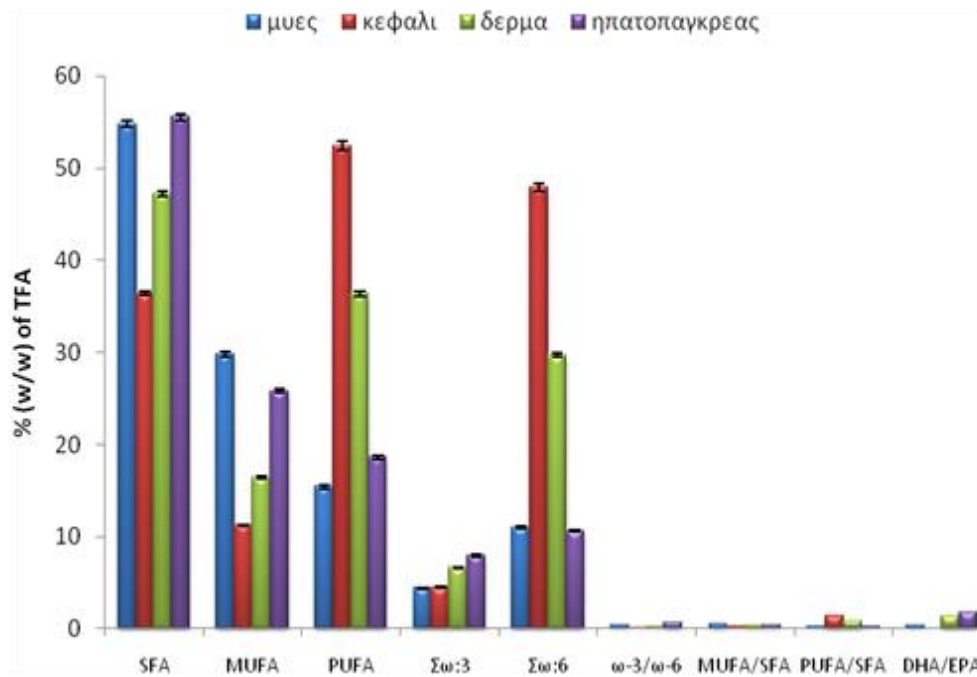
Επιπλέον, από τα δεδομένα του Πίνακα 13 φαίνεται ότι το *cis*-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό οξύ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος (0.18 %, 0.20 % και 0.03 % αντίστοιχα) του κρανιού ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του ηπατοπαγκρέατος (0.63 %) του κρανιού ιχθυοτροφείου [40].

Το *cis*-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό οξύ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε

σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (0.32 %) [18], ενώ στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου, ιχθυοτροφείου και κατεψυγμένου [16],[17] το *cis*-4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό οξύ δεν ανιχνεύθηκε.

Από τα δεδομένα του Πίνακα 13 φαίνεται ότι το DHA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (7.42 %, 8.05 %, 7.85 % και 17.93 % αντίστοιχα) του κρανιού ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το DHA βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου (25.21 %), ιχθυοτροφείου (9.64 %) και κατεψυγμένου (19.6 %) [16], [17] και από νωπής μαρίδας (44.41 %) [18].



**Σχήμα 8 Σύγκριση ποσοστών % (w/w) των συνόλων και των αναλογιών των λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου *Argyrosomus regius***

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων στα πολικά λιπίδια βρέθηκε σε μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τα αντίστοιχα των ολικών λιπιδίων στο πελαγίσιο κраниό. Το γεγονός αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι τα πολικά λιπίδια αποτελούνται κυρίως από φωσfolιπίδια, μεγάλο ποσοστό από τα οποία καταλαμβάνει η φωσφατιδυλοχολίνη, η οποία αποτελείται κυρίως από κορεσμένα λιπαρά οξέα [59]. Στην περίπτωση του κраниού ιχθυοτροφείου δεν παρατηρήθηκε το παραπάνω φαινόμενο καθώς τα δυο σύνολα (SFA στα ολικά και πολικά λιπίδια) δεν παρουσίασαν μεγάλες διαφορές.

Το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο σε όλους τους υπό μελέτη ιστούς του πελαγίσιου κраниού συγκρινόμενο με το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού 34.89%, του κраниού 33.72 %, του δέρματος 37.50 % και του ηπατοπαγκρέατος 31.15 % του κраниού ιχθυοτροφείου [40]. Το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο συγκρινόμενο με αυτό σε νωπή μαρίδα 30.08 % [18], σε *P. ragrus* (φαγκρί) πελαγίσιο και ιχθυοτροφείου 47.73 % και 50.82 % αντίστοιχα [16] και σε κατεψυγμένο 41.4 % [17].



Το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο σε όλους τους υπό μελέτη ιστούς του πελαγίσσιου κρανιού συγκρινόμενο με το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού 36.15 %, του κεφαλιού 35.09 %, του δέρματος 36.51 % και του ηπατοπαγκρέατος 27.67 % του κρανιού ιχθυοτροφείου [40]. Το παραπάνω έρχεται σε συμφωνία με βιβλιογραφικά δεδομένα, όπως το *P. pagrus* (φαγκρί) ιχθυοτροφείου με ποσοστό του ΣΜUFA του νωπού μυϊκού ιστού 31.15 % σχεδόν διπλάσιο από αυτό του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου που βρέθηκε ότι ήταν 18.05 % [16] και του κατεψυγμένου με ποσοστό 24.3 % [17]. Το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο συγκρινόμενο με αυτό σε νωπή μαρίδα 11.40 % [18].

Το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού και του ηπατοπαγκρέατος βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο στο πελαγίσσιο κρανιό συγκρινόμενο με το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού 28.96 % και του ηπατοπαγκρέατος 41.18% του κρανιού ιχθυοκαλλιέργειας και μεγαλύτερο από το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού 31.19 % και του δέρματος 25.99 % του κρανιού ιχθυοτροφείου [40]. Το αντίθετο φαινόμενο παρατηρήθηκε στο νωπό μυϊκό ιστό σε *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιο, κατεψυγμένο και ιχθυοτροφείου στα οποία το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του πελαγίσσιου (34.23 %) και του κατεψυγμένου (34.0%) βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από του ιχθυοτροφείου (18.03 %) [16], [17]. Το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο συγκρινόμενο με αυτό σε νωπή μαρίδα 58.52 % [18].

Η αναλογία DHA/EPA βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού συγκρινόμενη με την αναλογία αυτή στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού 1.20, του κεφαλιού 1.13, του δέρματος 1.47 και του ηπατοπαγκρέατος 2.28 του κρανιού ιχθυοκαλλιέργειας [40]. Η αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του

νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη από την αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιου, κατεψυγμένου και ιχθυοτροφείου που βρέθηκε ότι ήταν 7.66, 3.80 και 3.88 αντίστοιχα [16], [17], όπως επίσης και από την αντίστοιχη αναλογία νωπής μαρίδας 6.12 [18].

Η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη σε όλους τους υπό μελέτη ιστούς του πελαγίσσιου κρανίου συγκρινόμενη με την αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού 1.89, του κεφαλιού 1.99, του δέρματος 2.04 και του ηπατοπαγκρέατος 2.58 του κρανίου ιχθυοτροφείου [40]. Το αντίθετο φαινόμενο παρατηρήθηκε στο νωπό μυϊκό ιστό σε *P. pagrus* (φαγκρί) πελαγίσσιο, κατεψυγμένο και ιχθυοτροφείου στα οποία η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του πελαγίσσιου (5.32) και του κατεψυγμένου (2.83) βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη από του ιχθυοτροφείου (1.99) [16], [17]. Η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα πολικά λιπίδια του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη συγκρινόμενη με αυτή σε νωπή μαρίδα στην οποία η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων ήταν 13.52 [18].

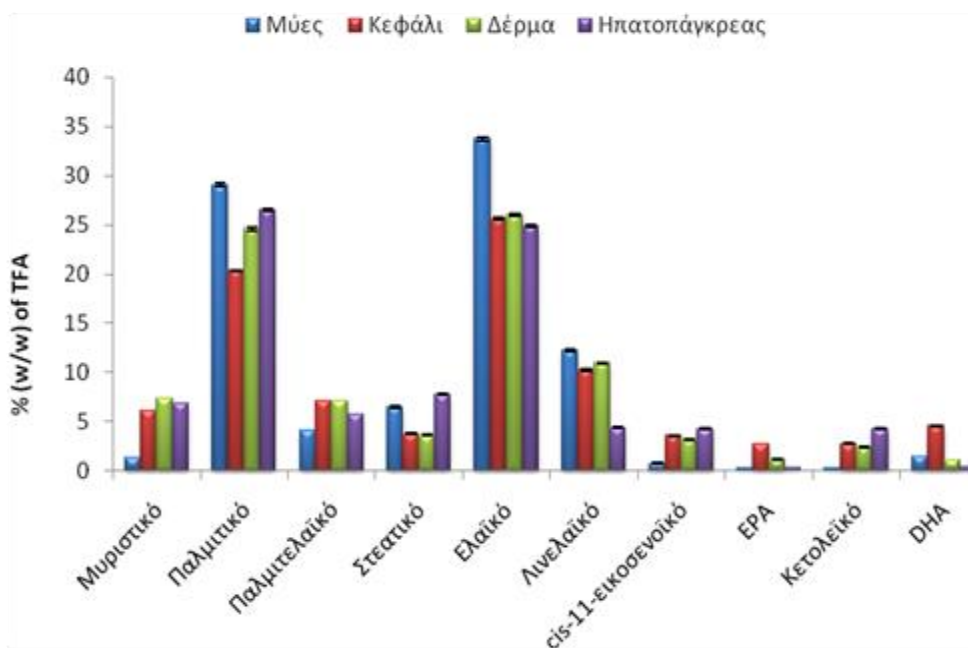
Πίνακας 14 Σύσταση % (w/w) λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων των ολικών λιπιδίων των ιστών του πελαγίσιου *Argyrosomus regius*. (Μέσος όρος±SD, n = 5)

Λιπαρά οξέα		Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
Όνομασία	Χημικός τύπος				
Καπρινικό	C10:0	0.93±0.00a	-	0.28±0.00b	0.13±0.00c
<b>Μυριστικό</b>	<b>C14:0</b>	<b>1.29±0.00a</b>	<b>6.07±0.01b</b>	<b>7.31±0.01c</b>	<b>6.83±0.01d</b>
Μυριστελαϊκό	C14:1	0.27±0.00a	0.21±0.00b	0.25±0.00c	0.30±0.00d
Iso- Δεκαπεντανοϊκό	iso C15:0	-	0.05±0.00a	0.07±0.00b	0.16±0.00c
Δεκαπεντανοϊκό	C15:0	0.28±0.00a	0.49±0.00b	0.64±0.00c	0.71±0.00d
Δεκαπεντενοϊκό	C15:1 ω-5	0.47±0.00a	0.05±0.00b	0.09±0.00b	0.18±0.00c
<b>Παλμιτικό</b>	<b>C16:0</b>	<b>29.07±0.17a</b>	<b>20.32±0.12b</b>	<b>24.58±0.15c</b>	<b>26.50±0.16d</b>
14-Μεθυλο-δεκαπεντανοϊκό	iso-C16:0	0.86±0.00a	0.36±0.00b	1.10±0.00c	0.86±0.00a
<b>Παλμιτελαϊκό</b>	<b>C16:1 ω-9 cis</b>	<b>4.06±0.00a</b>	<b>7.16±0.00b</b>	<b>7.10±0.00b</b>	<b>5.78±0.00c</b>
15-Μεθυλο-δεκαεξανοϊκό	iso-C17:0	0.12±0.00a	0.45±0.00b	0.42±0.00c	0.35±0.00d
Κυκλο-δεκαεπτανοϊκό	cyclo-C17:0	0.28±0.00a	0.41±0.00a	0.99±0.01b	0.74±0.01c
Δεκαεπτανοϊκό	C17:0	0.18±0.00a	0.30±0.00b	0.31±0.00b	0.38±0.00c
Δεκαεπτενοϊκό	C17:1 ω-7 cis	0.48±0.00a	0.26±0.00b	0.23±0.00c	0.35±0.00d
<b>Στεατικό</b>	<b>C18:0</b>	<b>6.48±0.07a</b>	<b>3.78±0.04b</b>	<b>3.65±0.04b</b>	<b>7.78±0.08c</b>
Ελαιϊκό	C18:1 ω-9 trans	-	-	-	0.06±0.00a
<b>Ελαϊκό</b>	<b>C18:1 ω-9 cis</b>	<b>33.75±0.20a</b>	<b>25.63±0.15b</b>	<b>26.01±0.16b</b>	<b>24.91±0.15c</b>
Βακενικό	C18:1 ω-7 cis	1.76±0.02a	1.85±0.02a	2.61±0.03b	0.28±0.03c
Λινελαϊδικό	C18:2 ω-6 trans	0.53±0.00a	0.19±0.00b	0.18±0.00b	0.57±0.00c
<b>Λινελαϊκό</b>	<b>C18:2 ω-6 cis</b>	<b>12.20±0.12a</b>	<b>10.23±0.10b</b>	<b>10.94±0.11c</b>	<b>4.38±0.04d</b>
γ-Λινολενικό	C18:3 ω-6 cis	0.41±0.00a	0.18±0.00b	0.16±0.00b	0.80±0.01c
α-Λινολενικό	C18:3 ω-3 cis	0.58±0.00a	1.75±0.01b	1.34±0.01c	0.42±0.00d
Cis-6.9.12.15-Δεκαοκτατετραενοϊκό	C18:4 ω-3 cis	-	0.95±0.00a	0.47±0.00b	0.13±0.00c
Δεκαεννεανοϊκό	C19:0	0.04±0.00a	0.04±0.00a	0.20±0.00b	0.28±0.00c
Αραχιδικό	C20:0	0.12±0.00a	0.23±0.00b	0.55±0.01c	0.67±0.01d
<b>cis-11-εικοσενοϊκό</b>	<b>C20:1 ω-9 cis</b>	<b>0.78±0.01a</b>	<b>3.58±0.05b</b>	<b>3.18±0.04c</b>	<b>4.26±0.06d</b>
cis-13.16-εικοσαδιενοϊκό	C20:2 ω-6 cis	0.24±0.00a	0.41±0.00b	0.27±0.00c	0.18±0.00d
cis-8.11.14-εικοσατριενοϊκό	C20:3 ω-6 cis	0.07±0.00a	0.15±0.00b	0.08±0.00a	0.41±0.01c
Αραχιδονικό	C20:4 ω-6 cis	0.70±0.01a	0.36±0.01b	0.25±0.00c	0.17±0.00c
Cis-11.14.17-εικοσατριενοϊκό	C20:3 ω-3 cis	0.27±0.00a	0.60±0.01b	0.29±0.00a	0.10±0.00c
<b>cis-5.8.11.14.17-εικοσαπεντενοϊκό</b>	<b>C20:5 ω-3 cis</b>	<b>0.34±0.00a</b>	<b>2.74±0.04b</b>	<b>1.18±0.02c</b>	<b>0.39±0.00a</b>

<b>Κετολεϊκό</b>	C22:1 ω-11 <i>cis</i>	0.34±0.01a	2.75±0.05b	2.43±0.04c	4.29±0.07d
Ερουκικό	C22:1 ω-9 <i>cis</i>	0.26±0.00a	0.45±0.00b	0.33±0.00c	0.45±0.00b
<i>Cis</i> -13.16-εικοσιδυοενοϊκό	C22:2 ω-6 <i>cis</i>	0.12±0.00a	0.33±0.00b	0.21±0.00c	0.19±0.00d
<i>Cis</i> -13.16-εικοσιδυοενοϊκό	C22:4 ω-6 <i>cis</i>	0.60±0.00a	0.26±0.00b	0.24±0.00c	1.12±0.01d
<i>Cis</i> -4.7.10.13.16-εικοσιδυοπεντενοϊκό	C22:5 ω-6 <i>cis</i>	0.16±0.00a	0.13±0.00a	0.10±0.00a	1.23±0.01b
<i>Cis</i> -7.10.13.16.19-εικοσιδυοπεντενοϊκό	C22:5 ω-3 <i>cis</i>	0.11±0.00a	0.19±0.00b	0.11±0.00c	0.21±0.00d
Λιγνοκερικό	C24:0	0.13±0.00a	1.88±0.03b	0.44±0.01c	0.15±0.00a
<b><i>Cis</i>-4.7.10.13.16.19-εικοσιδυοεξενοϊκό</b>	<b>C22:6 ω-3 <i>cis</i></b>	<b>1.50±0.03a</b>	<b>4.58±0.08b</b>	<b>1.10±0.02c</b>	<b>0.43±0.01d</b>
Νερβονικό	C24:1 ω-9 <i>cis</i>	0.21±0.00a	0.62±0.01b	0.32±0.01c	0.37±0.01d
Σύνολο κορεσμένων	Σω:0 (SFA)	39.79±0.26a	34.37±0.22b	40.53±0.24a	45.55±0.28c
Σύνολο μονοακόρεστων	Σω:1 (MUFA)	42.37±0.27a	42.37±0.33a	42.55±0.32a	43.71±0.36b
Σύνολο πολυακόρεστων	Σω:n (PUFA)	17.84±0.19a	23.07±0.27b	16.91±0.17a	10.74±0.10c
Σύνολο ω-3	Σω:3	2.81±0.04a	10.82±0.15b	4.48±0.05c	1.69±0.02d
Σύνολο ω-6	Σω:6	15.03±0.15a	12.24±0.12b	12.43±0.12b	9.05±0.08c
	ω-3/ω-6	0.19±0.00a	0.88±0.00b	0.36±0.00c	0.19±0.00a
	MUFA/SFA	1.06±0.00a	1.24±0.00b	1.05±0.00c	0.96±0.00d
	PUFA/SFA	0.45±0.00a	0.67±0.00b	0.42±0.00c	0.24±0.00d
	DHA/EPA	4.44±0.02a	1.67±0.01b	0.93±0.00c	1.12±0.00d

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P < 0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%.

Στα τριγλυκερίδια του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος προσδιορίστηκαν συνολικά 39 λιπαρά οξέα. Με **έντονη γραφή** επισημάνθηκαν τα είδη των λιπαρών οξέων που βρέθηκαν σε ποσοστό = ή > του 3 % (w/w) επί των τριγλυκεριδίων ή παρουσιάζουν διατροφικό ενδιαφέρον (Πίνακας 14).



**Σχήμα 9 Σύγκριση σύστασης % (w/w) των κυριότερων λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων των ιστών του πελαγίσιου *Arggyrosomus regius***

Στα τριγλυκερίδια του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κраниού ως κύριο λιπαρό οξύ βρέθηκε το ελαϊκό (33.75 %), ενώ αμέσως μετά είναι το παλμιτικό (29.07 %), το λινελαϊκό (12.20 %) και το παλμιτελαϊκό (4.06 %). Στο κεφάλι το λιπαρό οξύ με το μεγαλύτερο ποσοστό βρέθηκε το ελαϊκό (25.63 %), και ακολουθούν το παλμιτικό (20.32 %), το λινελαϊκό (10.23 %), το παλμιτελαϊκό (7.16 %), το μυριστικό (6.07 %) και το DHA (4.58 %). Στο δέρμα τα μεγαλύτερα ποσοστά βρέθηκαν στο ελαϊκό (26.01 %), το παλμιτικό (24.58 %), το λινελαϊκό (10.94 %) και το μυριστικό (7.31 %) ενώ στο ηπατοπάγκρεας στο παλμιτικό (26.50 %), το ελαϊκό (24.91 %) και το στεατικό (7.78%).

Όσον αφορά τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, από τα δεδομένα του Πίνακα 14 φαίνεται ότι το μυριστικό οξύ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσιου κраниού βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπάγκρεατος (9.30 %, 7.33 %, 9.41 % και 8.89 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοτροφείου, καθώς επίσης και από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (8.60 %) [18].

Επιπλέον, από τα δεδομένα του Πίνακα 14 φαίνεται ότι το παλμιτικό οξύ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (21.92%, 22.03% και 23.24% αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του κεφαλιού του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του κεφαλιού (21.17%) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το παλμιτικό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (28.52 %) [18].

Επιπλέον, από τα δεδομένα του Πίνακα 14 φαίνεται ότι το στεατικό οξύ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος (3.62 %, 3.62 % και 3.36 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του ηπατοπαγκρέατος (7.88 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40].

Επίσης το στεατικό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανίου σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (7.02 %) [18].

Όσον αφορά τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, από τα δεδομένα του Πίνακα 14 φαίνεται ότι το παλμιτελαϊκό οξύ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος (7.64 %, 7.46 % και 7.90 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των

τριγλυκεριδίων του ηπατοπαγκρέατος (3.17 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40].

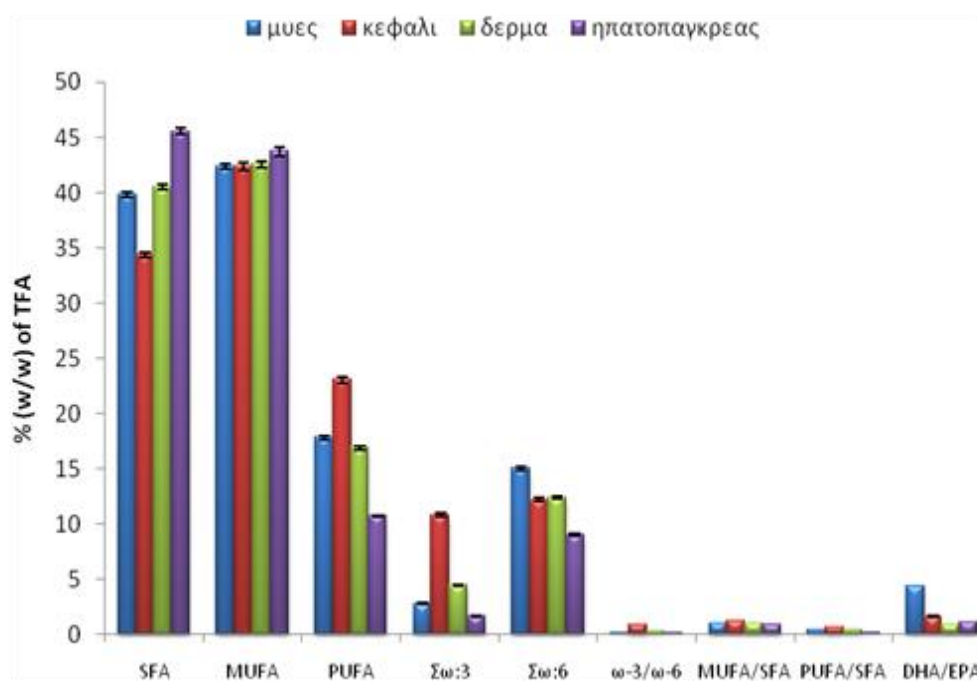
Επίσης το παλμιτελαϊκό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (3.34 %) [18].

Όσον αφορά το ελαϊκό οξύ, το μεγαλύτερο σε ποσοστό μονοακόρεστο λιπαρό οξύ (Πίνακας 14), αυτό βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (18.67 %, 17.78 %, 17.26 % και 16.23 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, καθώς επίσης και από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (8.91 %) [18].

Όσον αφορά τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, από τα δεδομένα του Πίνακα 14 φαίνεται ότι το λινελαϊκό οξύ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού και του δέρματος (7.06 %, 7.57 % και 7.20 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, ενώ στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε σε μικρότερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του ηπατοπαγκρέατος (6.04 %) του κρανίου ιχθυοτροφείου [40]. Επίσης το λινελαϊκό οξύ βρέθηκε στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσου κρανίου σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (2.55 %) [18].

Το ποσοστό του EPA (Πίνακας 14) στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσου κρανίου βρέθηκε να είναι μικρότερο από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (3.19 %, 5.14 %, 3.64 % και 4.21 % αντίστοιχα) του κρανίου ιχθυοτροφείου, καθώς επίσης και από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (5.09 %) [18].

Το ποσοστό του DHA (Πίνακας 14) στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κраниού βρέθηκε να είναι μικρότερο από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού, του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος (4.13 %, 5.63 %, 3.55 % και 11.14 % αντίστοιχα) του κраниού ιχθυοτροφείου, καθώς επίσης και από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας (12.94 %) [18].



**Σχήμα 10 Σύγκριση ποσοστών % (w/w) των συνόλων και των αναλογιών των λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων των ιστών του πελαγίσσιου *Argyrosomus regius***

Τα κύρια (σε μεγαλύτερα ποσοστά) κορεσμένα λιπαρά οξέα στα τριγλυκερίδια του πελαγίσσιου κраниού βρέθηκε ότι ήταν το παλμιτικό και το μυριστικό. Το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του πελαγίσσιου κраниού και του κраниού ιχθυοτροφείου (νωπός μυϊκός ιστός 40.25 %, κεφάλι 37.16 %, δέρμα 39.73 %, ηπατοπάγκρεας 43.15 %) [40] βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το σύνολο τους στα λιπαρά οξέα των ολικών λιπιδίων. Το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κраниού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο συγκρινόμενο με αυτό σε νωπή μαρίδα στην οποία το σύνολο των SFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων βρέθηκε 55.48 % [18].



Τα κύρια (σε μεγαλύτερα ποσοστά) μονοακόρεστα λιπαρά οξέα στα τριγλυκερίδια του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκαν ότι ήταν το ελαϊκό (το οποίο ήταν και το κύριο λιπαρό οξύ) και το παλμιτελαϊκό. Το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο σε όλους τους υπό μελέτη ιστούς του πελαγίσσιου κρανιού συγκρινόμενο με το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού 39.74 %, του κεφαλιού 38.00 %, του δέρματος 39.88 % και του ηπατοπαγκρέατος 29.49 % του κρανιού ιχθυοτροφείου [40]. Το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο συγκρινόμενο με αυτό σε νωπή μαρίδα στην οποία το ποσοστό του ΣΜUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων βρέθηκε 18.47 % [18].

Το κύριο πολυακόρεστο λιπαρό οξύ στα τριγλυκερίδια βρέθηκε ότι ήταν τόσο στο πελαγίσσιο όσο και στο ιχθυοτροφείου κρανιό το λινελαϊκό. Το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από το ποσοστό του ΣΡUFA του νωπού μυϊκού ιστού 20.01%, του κεφαλιού 24.84 %, του δέρματος 20.39 % και του ηπατοπαγκρέατος 27.36% του κρανιού ιχθυοτροφείου [40]. Το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο συγκρινόμενο με αυτό σε νωπή μαρίδα στην οποία το ποσοστό του ΣΡUFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων βρέθηκε 26.05 % [18].

Η αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού και του κεφαλιού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη συγκρινόμενη με την αναλογία αυτή στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού 1.29 και του κεφαλιού 1.09 του κρανιού ιχθυοκαλλιέργειας. Αντίθετα η αναλογία DHA/EPA βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανιού από αυτή του δέρματος 0.98 και του ηπατοπαγκρέατος 2.65 του κρανιού ιχθυοτροφείου [40]. Η αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη από την αναλογία DHA/EPA

στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού νωπής μαρίδας που βρέθηκε ότι ήταν 2.54 [18].

Η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού συγκρινόμενη με την αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού 1.26%, του κεφαλιού 1.55, του δέρματος 1.20 και του ηπατοπαγκρέατος 1.90 του κρανιού ιχθυοκαλλιέργειας [40]. Η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη συγκρινόμενη με αυτή σε νωπή μαρίδα στην οποία η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων ήταν 4.63 [18].

Από την σύγκριση των λιπαρών οξέων των πολικών λιπιδίων και τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού φαίνεται ότι:

Το ποσοστό του ΣSFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από το ΣSFA στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού, ενώ το ποσοστό του ΣMUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων όλων των υπό μελέτη ιστών του πελαγίσσιου κρανιού.

Το ποσοστό του ΣPUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσσιου κρανιού, ενώ το ποσοστό του ΣPUFA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού, του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερο από αυτό στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων των αντίστοιχων ιστών του πελαγίσσιου κρανιού.

Η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη από αυτή στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων των αντίστοιχων ιστών του πελαγίσσιου κρανιού, ενώ η αναλογία  $\omega 3/\omega 6$  στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του κεφαλιού και του δέρματος του

πελαγίσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη από αυτή στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων των αντίστοιχων ιστών του πελαγίσιου κρανιού.

Η αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μικρότερη από αυτή στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων του νωπού μυϊκού ιστού του πελαγίσιου κρανιού, ενώ η αναλογία DHA/EPA στα λιπαρά οξέα των ολικών πολικών λιπιδίων του δέρματος και του ηπατοπαγκρέατος του πελαγίσιου κρανιού βρέθηκε ότι ήταν μεγαλύτερη από αυτή στα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων των αντίστοιχων ιστών του πελαγίσιου κρανιού.

### 3.2.6 Υπολογισμός διατροφικών δεικτών

Ο Δείκτης Αθηρογένεσης (Atherogenic Index, **AI**) και ο Δείκτης Θρομβογένεσης (Thrombogenic Index, **TI**) υπολογίστηκαν σύμφωνα με τους προτεινόμενους τύπους των Ulbricht και Southgate (1991) [60]:

$$\mathbf{AI} = [\text{C12:0} + (4 \cdot \text{C14:0}) + \text{C16:0}] / (\omega\text{-3 PUFA} + \omega\text{-6 PUFA} + \text{MUFA})$$

$$\mathbf{TI} = (\text{C14:0} + \text{C16:0} + \text{C18:0}) / (0.5 \cdot \text{MUFA} + 0.5 \cdot \omega\text{-6 PUFA} + 3 \cdot \omega\text{-3 PUFA} + \omega\text{-3 PUFA} / \omega\text{-6 PUFA}).$$

Η αναλογία μεταξύ υποχοληστερολαιμικών και υπερχοληστερολαιμικών λιπαρών οξέων (**h/H**) υπολογίστηκε σύμφωνα με τους προτεινόμενους τύπους των Santos-Silva et al. (2002) [61]:

$$\mathbf{h/H} = (\text{C18:1}\omega\text{-9} + \text{C18:2}\omega\text{-6} + \text{C20:4}\omega\text{-6} + \text{C18:3}\omega\text{-3} + \text{C20:5}\omega\text{-3} + \text{C22:5}\omega\text{-3} + \text{C22:6}\omega\text{-3}) / (\text{C14:0} + \text{C16:0}).$$

Ο peroxidisability index (**PI**) υπολογίστηκε σύμφωνα με τους προτεινόμενους τύπους του Erickson (1992) [62]:

$$\mathbf{PI} = (0.025 \cdot \text{monoenes}) + (1 \cdot \text{dienes}) + (2 \cdot \text{trienes}) + (4 \cdot \text{tetraenes}) + (6 \cdot \text{pentaenes}) + (8 \cdot \text{hexaenes}).$$

Πίνακας 15 Διατροφικοί δείκτες AI, TI, PI και h/H του ψαριού *Argyrosomus regius*

Δείγματα	Μύες	Κεφάλι	Δέρμα	Ηπατοπάγκρεας
h	49.91±0.59a	49.49±0.56a	47.47±0.53b	35.58±0.43c
H	22.52±0.06a	22.22±0.06b	22.12±0.06b	31.81±0.09b
h/H	2.22±0.02a	2.23±0.02a	2.15±0.02b	1.12±0.01c
PI	125.15±1.95a	102.27±1.49b	88.73±1.28c	106.17±1.61b
AI	0.53±0.00a	0.53±0.00a	0.54±0.00a	0.94±0.01b
TI	0.35±0.00a	0.35±0.00a	0.40±0.00b	0.65±0.01c

Διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά υποδηλώνει ύπαρξη σημαντικής διαφοράς ( $P < 0.05$ ) για στάθμη εμπιστοσύνης 95%

Οι δυο διαδικασίες που προκαλούν το σχηματισμό της ισχαιμικής καρδιακής νόσου είναι η αθηροσκλήρωση και η θρόμβωση. Ο τύπος του καταναλισκόμενου λίπους μπορεί να οδηγήσει σε αυτές τις δυο καταστάσεις, όπου μερικά λιπαρά οξέα προάγουν την αθηρογένεση και άλλα τη θρομβογένεση. Οι δείκτες **AI** και **TI** προσδιορίστηκαν ώστε να εκτιμηθεί ο βαθμός που το λίπος των ιστών του ψαριού επιδρά στην αθηρογένεση και θρομβογένεση, αντιστοίχως. Από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα μόνο τα C12:0, C14:0, C16:0 είναι υπεύθυνα για την πρόκληση αθηρογένεσης, ενώ τα C14:0, C16:0 και C18:0 είναι υπεύθυνα για τη θρομβογένεση. Όσο υψηλότεροι είναι αυτοί οι δείκτες στην καταναλισκόμενη τροφή τόσο υψηλότερος είναι και ο κίνδυνος πρόκλησης καρδιακών παθήσεων από την κατανάλωση τους. Τα MUFA και PUFA έχουν αντιθρομβωτική δράση ενώ τα ω-3 PUFA έχουν επιπλέον δράση αναστολέα της αθηρογένεσης [63]. Στον Πίνακα 15 φαίνεται ότι και οι τέσσερις ιστοί διαθέτουν χαμηλές τιμές στους παραπάνω δείκτες. Βέβαια, κατά τον υπολογισμό των δεικτών αυτών τα MUFA και PUFA λαμβάνονται με ανάλογο τρόπο ως προς την ευεργετική τους δράση, γεγονός που μπορεί να θεωρηθεί ως υπερεκτίμηση των MUFA σε περιπτώσεις που βρίσκονται σε υψηλή αναλογία.

Ο peroxidisability index (**PI**) αντιπροσωπεύει τη σχέση μεταξύ των λιπαρών οξέων των ιστών και της ευαισθησίας τους στην οξειδωση [62]. Η μεγαλύτερη τιμή απαντάται στους μύες.

Μια καλύτερη προσέγγιση για την διατροφική αξιολόγηση του λίπους θα πρέπει να είναι η αξιοποίηση των δεικτών με βάση τις λειτουργικές επιδράσεις των λιπαρών οξέων. Ο λόγος υποχοληστερολαιμικών / υπερχοληστερολαιμικών λιπαρών οξέων (**h/H**), υπολογίζεται σύμφωνα με τις σημερινές γνώσεις των επιπτώσεων των επιμέρους λιπαρών οξέων στο μεταβολισμό της χοληστερόλης [61]. Η μεγαλύτερη τιμή του λόγου αυτού, που είναι και η επιθυμητή, απαντάται στο κεφάλι και στους μύες.

## 4 Συμπεράσματα

- Οι ιστοί (μύες, κεφάλι, δέρμα, ηπατοπάγκρεας) του πελαγίσσιου κρανίου βρέθηκαν να έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε λίπος σε σύγκριση με την περιεκτικότητα σε λίπος των ιστών του κρανίου ιχθυοτροφείου.

- Ο νωπός μυϊκός ιστός του πελαγίσσιου κρανίου έχει υψηλή αναλογία πρωτεΐνης - λίπους:

$$\text{πρωτεΐνη} / \text{λίπος}_{\text{πελ.}} = 14.6$$

- Ο νωπός μυϊκός ιστός του πελαγίσσιου κρανίου αποτελεί καλή πηγή PC (λεκιθίνης) και PE (mg λιπιδίων / 100 g νωπού ιστού):

$$\text{PC}_{\text{πελ.}} = 284.29$$

$$\text{PE}_{\text{πελ.}} = 81.69$$

- Ο νωπός μυϊκός ιστός του κρανίου πελαγίσσιου και ιχθυοτροφείου αποτελεί καλή πηγή ω-3 λιπαρών οξέων:

$$\Sigma\omega-3_{\text{πελ.}} = 15.87 \% \text{ των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων}$$

$$\Sigma\omega-3_{\text{ιχθ.}} = 14.33 \% \text{ των λιπαρών οξέων των ολικών λιπιδίων}$$

- Η αναλογία ω-3/ω-6 του κρανίου πελαγίσσιου και ιχθυοτροφείου είναι μεγαλύτερη της μονάδας:

$$\omega-3/\omega-6_{\text{πελ.}} = 1.04$$

$$\omega-3/\omega-6_{\text{ιχθ.}} = 1.50$$

- Τα ποσοστά της χοληστερόλης του κρανίου πελαγίσσιου και ιχθυοτροφείου βρέθηκαν να είναι σε χαμηλά επίπεδα:

$$\text{Chol.}_{\text{πελ.}} = 2.99 \% \text{ των ολικών λιπιδίων}$$

$$\text{Chol.}_{\text{ιχθ.}} = 1.55 \% \text{ των ολικών λιπιδίων}$$

- Οι διατροφικοί δείκτες AI, TI, h/H και PI έλαβαν ικανοποιητικές τιμές.

## 5 Συντμήσεις

<b>PC</b>	φωσφατιδυλοχολίνη
<b>PE</b>	φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη
<b>I-PC</b>	λυσο-φωσφατιδυλοχολίνη
<b>PI</b>	φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη
<b>Sphm</b>	σφιγγομυελίνη
<b>TG</b>	τριγλυκερίδια
<b>PhL</b>	φωσφολιπτοιδή
<b>SUFA</b>	κορεσμένα λιπαρά οξέα
<b>MUFA</b>	μονοακόρεστα λιπαρά οξέα
<b>PUFA</b>	πολυακόρεστα λιπαρά οξέα
<b>FA</b>	λιπαρό οξύ
<b>PL</b>	πολικά λιπίδια
<b>NL</b>	ουδέτερα λιπίδια
<b>TL</b>	ολικά λιπίδια
<b>EPA</b>	εικοσαπενταενοϊκό οξύ
<b>DHA</b>	εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ

## 6 Αναφορές

1. Π.Φ. Κασπίρης, Τα ψάρια της Ελλάδας, Πάτρα, 2000, σελ.142-143.
2. M.H. Griffiths, and P.C. Heemstra, A contribution to the taxonomy of the marine fish genus *Argyrosomus* (Perciformes: *Sciaenidae*), with descriptions of two new species from southern Africa. Ichthyol. Bull., JLB Smith Institute of Ichthyology, 1995, No. 65, 40-42.
3. M.T. Jiménez, E. Pastor, A. Grau, J.I. Alconchel, R. Sánchez, S. Cárdenas, Revisión del cultivo de esciénidos en el mundo. con especial atención a la corvina *A. regius* (Asso. 1801), Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 2005, 21:1–4.
4. A.V. Mateos, Una nueva especie para la acuicultura marina. la corvina. (*Argyrosomus regius*), In: Cerviño. A., Guerra. A., Pérez. C. (Eds.), Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura, Vigo, España, 2007, pp. 519–522.
5. L. Queméner, Le maigre commun (*Argyrosomus regius*), Biologie, pêche marche et potential aquacole, Éditions IFREMER, Plouzané. France, 2002, p. 32.
6. B.M. Poli, G. Parisi, M. Mecatti, P. Lupi, F. Iurzan, G. Zampacavallo, M. Gilmozzi, The meagre (*Argyrosomus regius*), a new species for Mediterranean aquaculture. Morphological, merchantable and nutritional traits in a commercial wide size-range, European Aquaculture Society Special Publication, 2001, 29:209-210.
7. E. Fahy, S. Subramaniam, H.A. Brown, C.K. Glass, A.H. Merrill Jr., R.C. Murphy, C.R.H. Raetz, D.W. Russell, Y. Seyama. W. Shaw, T. Shimizu, F. Spener, G. Van Meer, M.S. Van Nieuwenhze, S.H. White, J.L. Witztum, E.A. Dennis. A comprehensive classification system for lipids, European Journal of Lipid Science and Technology, 107, 2005, 337-364.
8. W.W. Christie, What is a lipid, AOCS lipid library, 2011, 10-14.
9. E.B. Schmidt, H. Arnesen, R. Caterinac, L.H. Rasmussen, S.D. Kristensen, Marine n-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease Part I, Background, epidemiology, animal data, effects on risk factors and safety, Thrombosis Research, 2005, 115(3): 163–170.



10. R. Kroes, E.J. Schaefer, R.A. Squire, G.M. Williams, A review of the safety of DHA 45-oil, *Food and Chemical Toxicology*, 2003, 41(11): 14.
11. V.J. Sinanoglou and S. Miniadis-Meimaroglou, Fatty acid of neutral and polar lipids of (edible) Mediterranean cephalopods, *Food Research International*, 1998, 31(6-7): 467–473.
12. W. Stillwell, S.R. Wassall, Docosahexaenoic acid: membrane properties of a unique fatty acid, *Chemistry and Physics of Lipids*, 2003, 126:1-27.
13. Ν. Γαλανοπούλου, Γ. Ζαμπετάκης, Μ. Μαυρή, Α. Σιαφάκα, *Διατροφή και Χημεία Τροφίμων*, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2011.
14. R.E. Martin, G.J. Flick, C.E. Hebard, D.R. Word, *Chemistry & Biochemistry of Marine Food Products*, The AVI Publishing Company. Westport. Connecticut, 1982, 1st edition, 13-16.
15. H.D. Belitz and W. Grosch, *Fish, Whales, Crustaceans, Mollusks in Food Chemistry*, translation from the 2nd edition, Springer-Verlog, Munich, Germany, 1987, 13:454-471.
16. Β. Λουκάς, *Λιπαρά οξέα, χοληστερόλη και μέταλλα (απαραίτητα και τοξικά) σε φαγκρί (P.ragrus) πελαγίσιο και ιχθυοτροφείου*, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2006.
17. Χ. Δήμιζας, *P.ragrus (Φαγκρί) κατεψυγμένο και ιχθυοκαλλιέργειας: Μελέτη της χημικής σύστασης των λιπιδίων και προσδιορισμός Fe. Mg. Zn. Mn. Cu. Cr. Ni. Cd. Pb και Hg*, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2006.
18. Γ. Παπαδάς, *Συγκριτική ανάλυση λιπιδίων και προσδιορισμός μεταλλο-λιπιδίων σε ωμή και θερμικά επεξεργασμένη μαρίδα (Spicaras maris)*, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2006.
19. E. Prato and F. Biandolino, Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea, *Food Chemistry*, 2011, 131:1233-1239.

20. Y. Özogul and F. Özogul, Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas, *Food Chemistry*, 2005, 100(4):1634–1638.
21. A. Ariño, J.A. Beltrán, A. Herrera, P. Roncalés, *FISH*, Zaragoza, Spain: University of Zaragoza, 2005.
22. J.L. Domingo, A. Bocio, G. Falcó, J.M. Llobet, Benefits and risks of fish consumption Part I, A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants, *Toxicology*, 2006, 230(2-3): 219–226.
23. K.L. Smith, J.L. Guentzel, Mercury concentrations and omega-3 fatty acids in fish and shrimp: Preferential consumption for maximum health benefits, *Marine Pollution Bulletin*, 2010, 60(9): 1615–1618.
24. A.P. Simopoulos, The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids, *Biomed Pharmacother*, 2002, 56: 365-379.
25. M.V. Bell, R.J. Henderson, J.R. Sargent, The role of polyunsaturated fatty acids in fish, *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry*, 1986, 83(4): 711–719.
26. K.S. Sidhu, Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2003, 38(3). 336–344.
27. W. Horwitz, *Official methods of analysis of AOAC (17th ed.)* Gaithersburg MD, USA: AOAC International, 2000, 32:2.
28. Μ.Ε. Κωμαΐτης, Λυοφυλίωση, Ειδικά Κεφάλαια Τεχνολογίας Τροφίμων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα, 1998, σελ. 5-11.
29. Δ.Γ. Μπόσκου, Μέθοδοι ξήρανσης, Στοιχεία Τεχνολογίας Τροφίμων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Θεσσαλονίκη, 2002, σελ. 294-361.
30. AOAC, *Official Methods of Analysis of AOAO*, Washington DC, USA: AOAC International, 1998.
31. E.D. Bligh and W.J. Dyer, A rapid method of total lipid extraction and purification, *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 1959, 37(8): 911–917.

32. C. Long and D.A. Staples, Chromatographic separation of brain lipids: cerebroside and sulphatide, *Biochemical Journal*, 1961, 78(1): 179–185.
33. Ε.Κ. Βουδούρη και Μ.Γ. Κοντομηνά, Χρωματογραφία, Ανάλυση Τροφίμων, Θεωρία και Εφαρμογές, Ιωάννινα, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 1987, 43-57.
34. J.M. Clark and R.L. Switzer, Λιποειδή και μεμβράνες, Πειραματική Βιοχημεία, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1992, 165-177.
35. P.P.A Sims and J.A. Larose, The use of iodine vapor as general detecting agent in the thin layer chromatography of lipids, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1962, 39:232.
36. J.C. Dittmer and R.L. Lester, A simple specific spray for the detection of phospholipids on the thin layer chromatograms, *Journal of Lipid Research*, 1964, 5(1):126-127.
37. R.J. Henderson and D.R. Tocher, *Thin Layer Chromatography in Lipid Analysis, A practical Approach*, edited by Hamilton R.J. and Hamilton S., Oxford University Press, 1992, 65-111.
38. V.J. Sinanoglou, I.F. Strati, S.M. Bratakos, C. Proestos, P. Zoumpoulakis, S. Miniadis-Meimaroglou, On the combined application of Iatroscan-TLC-FID and GC-FID to identify total, neutral and polar lipids and their fatty acids extracted from foods. *ISRN Chromatography*, Hindawi Publishing Corporation, ID 859024, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/859024>, 2013.
39. V.J. Sinanoglou, I.F. Strati and S. Miniadis-Meimaroglou, Lipid, fatty acid and carotenoid content of edible egg yolks from avian species: A comparative study, *Food Chemistry*, 2011b, 124(3): 971–977.
40. A. Paisiou, G. Soutani, V. J. Sinanoglou\*, S. Miniadis-Meimaroglou and A.C. Calokerinos, «Lipids and fatty acids in muscle, head, liver and skin of farmed *Argyrosomus regius*», «7th International Conference Instrumental Methods of Analysis - IMA 2011», September 18-22, 2011, Chania Crete, Greece, CD of abstracts, 2011.

41. N. Erkan, O. Özden, Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*), Food Chemistry, 2006.
42. A.B. Moreira, J.V. Visentair, N.E. de Souza, M. Matsushita, Fatty acids Profile and cholesterol contents of three Brazilian Brycon freshwater fishes, Journal of food composition and analysis, 2001, 14: 565-574.
43. G.M. Turchini, T. Mentasti, L. Froyland, E. Orban, F. Caprino, V.M. Moretti, F. Valfre, Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.), Aquaculture, 2003, 225:251-267.
44. Z. Tzikas, I. Amvrosidis, N. Soutos, Sp. Georgakis, Seasonal variation in the chemical composition and microbiological condition of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) muscle from the north Aegean Sea (Greece), Food control, 2007, 18:251-257.
45. H.A. Caldironi, M.E. Manes, Proximate composition, fatty acids and cholesterol content of meat cuts from tegu lizard *Tupinambis meriane*, Journal of Food Compositon and analysis, 2006, 19:711-714.
46. A.T. Ibarz, J. Blasco, M. Beltran, M.A. Gallardo, J. Sancheza, R. Salab, J. Fernandez-Borrassa, Cold-induced alterations on proximate composition and fatty acid profiles of several tissues in gilthead sea bream (*Sparus aurata*), Aquaculture, 2005, 249:477– 486.
47. P.A. Karakoltsidis, A. Zotos, S.M. Konstantinides, Composition of the commercially important Mediterranean finfish crustaceans and mollusks, Journal of Food Composition and analysis, 1995, 8:258-273.
48. P. Mayzaud, J. Chevallier, E. Tavernier, M. Moteki, P. Koubbi, Lipid composition of the Antarctic fish *Pleuragramma antarcticum*, Influence of age class, Polar Science, 2011, 5:264-271.
49. W. Hagen, G. Kattner, C. Friedrich, The lipid compositions of high-Antarctic notothenioid fish species with different life strategies, Polar Biology, 2000, 23 (11): 785-791

50. J.R. Cejas, E. Almansa, N. Tejera, S. Jerez, A. Bolanos, A. Lorenzoet, Effect of dietary supplementation with shrimp on skin pigmentation and lipid composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) alevins, *Aquaculture*, 2003, 218:457-469.
51. D.J. McNamara, H.S. Thesmar, Eggs, Egg Nutrition Center, Washington, DC, USA, Elsevier Ltd, 2005, 86-92.
52. C. Alasalvar, K.D.A. Taylor, E. Zubcov, F. Shahidi, M. Alexis, Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition, *Food Chemistry*, 2002, 79(2):145–150.
53. M.N. Zuraini, M.H. Somchit, Y.M. Solihah, A.K. Goh, M.S. Arifah, N. Zakaria, M.A. Somchit, Z.A. Rajion, A.M. Zakaria, Mat Jais, Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian *Channa* spp., *Fish Food Chem.*, 2006, 97: 674–678.
54. A. Mnari, I. Bouhlel, I. Chraief, M. Hammami, M.S. Romdhane, M. El Cafsi, A. Chaouch, Fatty acids in muscles and liver of Tunisian wild and farmed gilthead sea bream, *Sparus aurata*, *Food Chemistry*, 2007, 100: 1393–1397.
55. Y. Ozogul and F. Ozogul, (2007). Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas, *Food Chemistry*, 100: 1634-1638.
56. A. Simopoulos, The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases, *Experimental Biology and Medicine*, DOI:10.3181/0711-MR-311, 2008, 233:674—688.
57. P.M. Kris-Etherton, S.T. Denise, Y. Shaomei, H. Peter, M. Kristin, F. Valerie F, R.L. Hargrove, Z. Guixiang, D.E. Terry, Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States, *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1):179S-88S, 2000.
58. V. Loukas, C. Dimizas, V. Sinanoglou, S. Miniadis-Meimaroglou, EPA, DHA, cholesterol and phospholipid content in *Pagrus pagrus* (cultured and wild), *Trachinus draco* and *Trigla lyra* from Mediterranean Sea, *Chemistry and Physics of Lipids*, CPL, 2010, 163(3), 292-299.

59. W.W. Christie, Lipid analysis, 2nd edition, Pergamon, 1982, 2: 1-24.
60. T.L.V. Ulbrich and D.A.T. Southgate, Coronary heart disease seven dietary factors, Lancet, 1991, 338: 985–992.
61. J. Santos-Silva, R.J.B. Bessa, F. Santos-Silva, Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs, II. Fatty acid composition of meat, Livestock Production Science, 2002, 77: 187–194.
62. M.C. Erickson, Variation of lipid and tocopherol composition in three strains of channel catfish (*Ictalurus punctatus*), Journal of the Science of Food and Agriculture, 1992, 59: 529–536.
63. K. Salobir, Nutritional role of meat, In Proceedings of the second conference on the importance of meat in nutrition and health (171–185), Portorož: Biotechnical Faculty, 2000.