

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ  
ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ-ΑΛΙΕΙΑΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“Η επίδραση των αυξημένων διαιτητικών επιπέδων της ελαιοκράμβης  
στην ευζωΐα, στη ποιότητα σάρκας, στην επιβίωση  
και στην αύξηση του κοινού κυπρίνου (*Cyprinus carpio* L.)”**

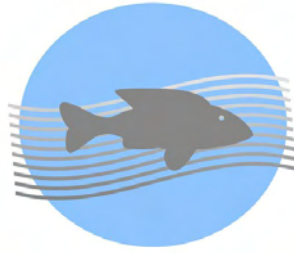
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

Καραμαλίγκας Χ. Ιωάννης

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Πανταζής Παναγιώτης Λέκτωρ, Επιβλέπων Καθηγητής
2. Αθανασοπούλου Φωτεινή Καθηγήτρια, Μέλος Συμβουλευτικής Επιτροπής
3. Σολωμάκος Νικόλαος Λέκτωρ, Μέλος Συμβουλευτικής Επιτροπής

**ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2010**



**UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCE  
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

---

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE  
OF MASTER OF SCIENCE  
OF THE FACULTY OF VETERINARY MEDICINE  
IN COOPERATION WITH THE T.E.I. OF EPIRUS**

**“The effect of increased dietetic levels of rapeseed in the well-being, in the quality of flesh, in the survival and in the increase of common carp (*Cyprinus carpio* L.)”**

**KARAMALIGAS CH. IOANNIS**

**ADVISOR COMMITTEE**

1. Pantazis P. Lecturer, Supervisor
2. Athanasopoulou F. Professor, Member of Advisor committee
3. Solomakos N. Lecturer, Member of Advisor committee

**KARDITSA 2010**

**Στον μικρό μου Χαράλαμπο...**

## *Ευχαριστίες*

*Ευχαριστώ πάρα πολύ τον κ. Πανταζή Παναγιώτη, Λέκτορα Καθηγητή του τμήματος της Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την υπομονή και την συνεχή του καθοδήγηση σε όλες τις εκφάνσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας.*

*Ευχαριστώ επίσης την κα Αθανασοπούλου Φωτεινή, Καθηγήτρια του τμήματος της Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και υπευθύνου του μεταπτυχιακού προγράμματος για την συμβολή της και την καθοδήγησή της ως μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής, ώστε να βγεί εις πέρας η παρούσα εργασία.*

*Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σολωμάκο Νικόλαο, Λέκτορα Καθηγητή του τμήματος της Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την συμβολή του ως μέλος της ης συμβουλευτικής επιτροπής.*

*Ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να απευθύνω στους κα Μπιτσαβά Κωνσταντίνα, Διδάκτορα του τμήματος της Κτηνιατρικής Θεσσαλίας - Ιχθυοπαθολόγο και Δούκα Δημήτριο Κτηνίατρο, Υποψήφιο Διδάκτορα Παθολογοανατομίας για την βοήθειά τους κατά τους ιστολογικούς ελέγχους. Την κα Γκουριώτη Αργυρώ, γραμματέα του μεταπτυχιακού τμήματος του εργαστηρίου Ιχθυολογίας και Ιχθυοπαθολογίας του ίδιου τμήματος και τους μεταπτυχιακούς συναδέλφους κα Τζιρώνη Ευτυχία και κ. Ιωαννίδη Παύλο για την πολύτιμη προσφορά τους στην πραγματοποίηση της επιμέρους βοήθειας στα ιστολογικά. Τέλος, ιδιαιτέρως να ευχαριστήσω και τον Ιχθυοκόμο κ. Βαγγέλη για την πολύτιμη συνεργασία του καθόλη την διάρκεια που έλαβε χώρα το πείραμα.*

*Στην οικογένειά μου, τη γυναίκα μου Γιώτα και τον μικρό μου Χάρη, που με στήριξαν με αγάπη και υπομονή καθόλη την διάρκεια της φοίτησής μου και στον πατέρα μου που χωρίς την συμβολή του η ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας θα ήταν αδύνατη, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των ανεκτών επιπέδων προϊόντων αλεύρου ελαιοκράμβης (*Brassica napus*) στα σιτηρέσια του κοινού κυπρίνου σε συνδιασμό με αυξημένες τις ποσότητες των λιπαρών στο σιτηρέσιο. Πρόσφατα, η ελαιοκράμβη έχει αποσπάσει το ενδιαφέρον της γεωργικής παραγωγής λόγω της εφαρμογής της στην παραγωγή βιοκαυσίμων (bio-diesel). Η πιθανή (σε αυξημένες ποσότητες) χρησιμοποίηση τους και στις ιχθυοτροφές ενδεχομένως να αυξήσει την προστιθέμενη αξία στο γεωργο-κτηνοτροφικό αυτό φυτό ταυτόχρονα με την πιθανή μείωση του κόστους παραγωγής των ιχθυοτροφών και σταδιακά την μερική αποδέσμευση των ιχθυοτροφών από την εξάρτηση των συνεχώς μειούμενων αποθεμάτων ιχθυελαίου και ιχθυαλεύρου.

Η δυνατότητα υποκατάστασης του ιχθυελαίου και του ιχθυαλεύρου με προϊόντα ελαιοκράμβης σε συνδιασμό με αυξημένες ποσότητες στο σιτηρέσιο λιπών, έχει εν μέρει διερευνηθεί σε μερικά είδη ψαριών (σολωμό, τιλάπια, κυπρίνο) και με αποτελέσματα περιορισμένης εμβέλειας. Η ενσωμάτωση προϊόντων ελαιοκράμβης στα σιτηρέσια του κοινού κυπρίνου, λόγω και του ιδιόμορφου πεπτικού του συστήματος, αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της παγκόσμιας εξάπλωσης και εμπορικής εκμετάλλευσης του είδους αφού η πίτα της ελαιοκράμβης έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη από τη σόγια (34-38% εναντί 44-49%) και λιγότερα βασικά αμινοξέα. Περιέχει επίσης πολύ σημαντικά ποσά σε ω-3 (18:3, α-λινολενικό) πράγμα σπάνιο για φυτά. Η ανάλυση λοιπόν των δεικτών ευζωίας αλλά και ο ποιοτικός προσδιορισμός των λιπών σε ήπαρ και κυρίως σε σάρκα θα αναδείξουν το κατά πόσο ο κυπρίνος ως ψάρι εσωτερικών υδάτων, έχει τις δυνατότητες να προσφέρει τα απαραίτητα ω-λιπαρά οξέα, ως τροφή, στον άνθρωπο.

## ABSTRACT

Aim of present diplomatic work is the investigation of bearable levels of products of flour of rapeseed (*Brassica napus*) in daily food of the common carp in compare with increased quantities greasy in food. Recently, the rapeseed has extracted the interest of agricultural production because her application in the production of bio-fuel (bio-diesel). Likely (in increased quantities) their utilization and in fish meal potentially to increase the added value in this agricultural-veterinarian plant simultaneously with the likely reduction of cost of production of pisciculturists and progressively the partial disengagement of pisciculturists from the dependence of continuously decreased reserves fish oil and fish meal.

The possibility of substitution fish oil and fish meal with products of rapeseed in compare with increased quantities in feed greases, partly has been investigated in certain species of fishes (salmon, tilapia, carp) and with results of limited scope. The incorporation of rapessed products in daily food of the common carp, because and his peculiar peptic system, acquires particular interest because the world spread and commercial exploitation of species after the pie of rapeseed has lower content in protein from soya (34-38% opposite 44-49%) and less basic amino-acids. It contains also very important sums in n-3 (18:3, a-linoleniko) thing infrequent for plants. The analysis of therefore indicators of well-being but also the qualitative determination of greases in liver and mainly in flesh will elect how much the carp as fish of internal waters, has the possibilities of offering essential n-greasy acids, as food, in the person.

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

	<b>Σελ.</b>
Συμβουλευτική επιτροπή – Εξεταστική επιτροπή.	1
Advisory committee – Examination board.	2
Αφιερώσεις.	3
Περίληψη.	4
Abstract.	5
Ευχαριστίες.	6
Περιεχόμενα.	7

## **Α΄ ΜΕΡΟΣ**

### **Κεφάλαιο 1**

#### **ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**

1.1. Η Υδατοκαλλιέργεια ως επιχείρηση.	11
1.2. Η υδατοκαλλιέργεια παγκοσμίως.	12
1.3. Υδατοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων.	15

### **Κεφάλαιο 2**

#### **ΚΥΠΡΙΝΟΕΙΔΗ**

2.1. Περιγραφή του είδους και του συστήματος εκτροφής του.	18
2.2. Μορφολογία.	19
2.3. Διατροφή κυπρίνων.	20
2.4. Αναπαραγωγή.	20
2.5. Εκτροφή – Αλειεία.	21
2.5. Εχθροί και Άρπαγες.	22

### **Κεφάλαιο 3**

#### **ΚΟΙΝΟΣ ΚΥΠΡΙΝΟΣ**

3.1. Το πεπτικό σύστημα στον κυπρίνο.	24
3.2. Η Πέψη.	25
<i>Στόμα-Οισοφάγος</i>	25

<i>Έντερο</i>	25
<i>Πέψη πρωτεϊνών</i>	26
<i>Πέψη αμινοξέων</i>	28
<i>Πέψη λιπαρών οξέων</i>	28
<i>Πέψη υδατανθράκων</i>	29
<i>Απέκκριση</i>	32
3.3. Ασθένειες.	33
3.4. Ασθένεια Λιπώδους Ήπατος (Liver Lipoid disease).	35
<i>Αίτια της ασθένειας λιπώδους ήπατος</i>	35
<i>Συμπτώματα και διάγνωση</i>	36
<i>Αντιμετώπιση – Θεραπεία</i>	36
3.5. Σιτηρέσια ,	36
<i>Σιτηρέσια ιχθυοτροφών κυπρίνου (Εναρκτήρια)</i>	36
<i>Μη ισόρροπα σε λίπη σιτηρέσια</i>	40
<i>Ελαιοκράμβη (ο ρόλος της)</i>	41

## **Κεφάλαιο 4**

Εισαγωγή.	43
4.1. Λιπαρά οξέα στους ιχθύς.	43
4.2. Διάκριση και ονοματολογία των λιπαρών οξέων.	45
4.3. Βιοσύνθεση των ακόρεστων λιπαρών οξέων.	48
4.4. Τα Λιπαρά Οξέα στην Διατροφή του Κυπρίνου.	52

## **B' ΜΕΡΟΣ**

### **Κεφάλαιο 1**

1.1. Η δική μας έρευνα.	55
1.2. Υλικά και μέθοδοι.	55
<i>Προσδιορισμός της αμμωνίας-Ammonia NH<sub>3</sub></i>	57
<i>Προσδιορισμός των νιτρικών-Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	58
<i>Προσδιορισμός των νιτρωδών-Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup></i>	58
<i>Θερμοκρασία νερού</i>	58
<i>Διατροφή των κυπρίνων (Πειραματικά σιτηρέσια)</i>	59
1.3. Προσδιορισμός της αύξησης του σωματικού βάρους - δεικτών ανάπτυξης.	62
<i>α. Εκατοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους</i>	62



β. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (ΣΜΤ), FCR	64
γ. Ειδικός Ρυθμός Ανάπτυξης, SGR	65
δ. Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (ΣΑ <sub>Π</sub> ), PER	67
ε. Θερμικός Συντελεστής Αύξησης (ΘΣΑ), TUGC	67
στ. Θνησιμότητα	68
1.4. Στατιστική ανάλυση.	68
Αποτελέσματα	69

## **Κεφάλαιο 2**

2.1. Ιστολογικά.	71
Υλικά και μέθοδοι	71
2.2. Αποτελέσματα ιστολογικών.	72
α. Μακροσκοπικός έλεγχος	72
β. Μικροσκοπικός έλεγχος	73

## **Κεφάλαιο 3**

Εισαγωγή.	82
3.1. Αναλώσιμα και Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.	82
3.2. Αναλύσεις Λιπαρών Οξέων στους Ιστούς.	83
α. Περιγραφή της Μεθόδου Folch	83
β. Εστεροποίηση των εκχυλισθέντων λιπαρών οξέων	84
γ. Αποτελέσματα	84

ΣΥΖΗΤΗΣΗ	86
----------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	89
--------------	----

Α' ΜΕΡΟΣ

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΟ**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1. Η Υδατοκαλλιέργεια ως επιχείρηση.

*"In the fish farming business, only the best prepared can survive. Every decision must be made after thoughtful consideration, but all too often impatience and the prospect of a 'quick buck' makes even the most level head lose sight of the end goal - survival" John Dalimore (http: 22)*

Η υπεραλίευση μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες για το σύνολο του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ορισμένες τεχνικές αλιείας με τράτες για παράδειγμα, προκαλούν ζημιές στο βυθό σε έναν εξαιρετικά σημαντικό βιότοπο. Στο άλλο άκρο της τροφικής αλυσίδας, τα θαλασσοπούλια, φώκιες, φάλαινες και άλλα θαλάσσια θηλαστικά δεν θα έχουν τίποτα να φάνε.

Το βασικό ερώτημα είναι κατά πόσο η Ευρώπη μπορεί να αποφύγει την «**ανοικτή αλιεία**», τα εναπομένοντα αποθέματα της και αντί αυτού να αναπτύξει μια βιομηχανία που είναι βιώσιμη, τόσο για το περιβάλλον τόσο και για εκείνων που ζουν από αυτό. Εξετάζεται η μεταρρύθμιση της κοινής αλιευτικής πολιτικής της ΕΕ καθώς και οι πιθανές εναλλακτικές λύσεις, όπως η ιχθυοκαλλιέργεια (Eurostat 2007). Το γεγονός ότι η υδατοκαλλιέργεια είναι μια επιχείρηση είναι συχνά ξεχασμένο. Η δυνατότητα να μετατραπεί μια καλή ιδέα σε επιτυχή επιχείρηση απαιτεί την επαρκή ανάλυση και την έρευνα για την τεχνική και η οικονομική δυνατότητα πραγματοποίησης προτού να γίνουν οι ουσιαστικές επενδύσεις. Οι αποφάσεις σχετικά με την επένδυση στην υδατοκαλλιέργεια που πρέπει να ληφθούν βάσει των επιχειρησιακών βασικών αρχών, ώστε πιθανές νέες υδατοκαλλιέργειες να δώσουν κίνητρα για σοβαρή αντιμετώπιση είναι:

- το γεγονός ότι η υδατοκαλλιέργεια είναι επιχειρησιακή επιχείρηση.
- η ανάγκη να υπάρξει μια σαφής κατανόηση της αγοράς και από την άποψη των απαιτήσεων αλλά και της ζήτησης και της ποιότητας καθώς και των εμποδίων αγοράς.
- να εξασφαλίζει ότι η τεχνολογία του συστήματος καλλιέργειας θα είναι αξιόπιστη. Εάν η νέα ή αδοκίμαστη τεχνολογία πρόκειται να υιοθετηθεί αυτό να γίνει έπειτα από μια πλήρη κατανόηση των επιχειρησιακών κινδύνων που πρέπει να προσδιοριστούν.
- να κατανοήσει ότι τα είδη υδατοκαλλιέργειας είναι ζώα ή φυτά διαβίωσης με τις πρόσθετες απαιτήσεις, όπως οι συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας νερού.
- το επίπεδο των κύριων και λειτουργικών κεφαλαίων που απαιτούνται για μια θετική ταμειακή ροή (*Http: 3*).
- η επισήμανση του κόστους διατροφής σε εντατικά και υπερεντατικά συστήματα παραγωγής που πρέπει να υπολογίζεται στο 40-45% του κόστους (Παπουτσόγλου 2008).

Η υδατοκαλλιέργεια είναι ένα σύστημα παραγωγής προϊόντων ταχύτερης ανάπτυξης ανά τον κόσμο (*Http: 4*). Είναι η επιχείρηση που υποκαθιστά ολοένα και περισσότερο την παραδοσιακή πελαγική αλιεία να αποτελεί τον πιο γρήγορα αναπτυσσόμενο κλάδο της τελευταίας τριακονταετίας (FAO 2003, Πάσχος 2004). Μπορεί να είναι μια καλή επιχειρησιακή επιλογή, αλλά όπως όλες τις επιχειρήσεις έχει ένα στοιχείο του κινδύνου που πρέπει να γίνει κατανοητό, να αξιολογηθεί και να ρυθμιστεί (*Http: 3*). Καθώς το ποσό εκτρεφόμενων υδάτινων παραχθέντων οργανισμών αυξάνεται, είναι κρίσιμο να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιδράσεις της υδατοκαλλιέργειας στο περιβάλλον και την κοινωνία. Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στα αγροκτήματα ψαριών μπορούν να μολύνουν το νερό ή οι ασθένειες που μπορούν να εξαπλωθούν εύκολα από εκτρεφόμενα σε άγρια ψάρια και το αντίστροφο με τα ποσοστά ατυχήματος στις καλλιέργειες ψαριών που μπορούν να είναι υψηλά (*Http: 4*). Είναι κρίσιμο λοιπόν για τον καθένα να αξιολογήσει ρεαλιστικά τις προοπτικές μιας καλής οικονομικής επιστροφής χρημάτων και τη δυνατότητα πραγματοποίησης της λειτουργίας της για τις εκάστοτε επιχειρηματικές διαρθρωτικές κινήσεις (*Http: 3*). Τα τελευταία περιλαμβάνουν την εσωτερική αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια, τη σύμπραξη για βιώσιμη παραγωγή ψαριών-τροφίμων, το ρόλο της υδατοκαλλιέργειας στη αγροτική ανάπτυξη, τις πρόσφατες τεχνολογικές καινοτομίες στην υδατοκαλλιέργεια, την ένωση παραγωγών και του αγρότη στη συμβολή κοινωνιών για την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας. Οι μελλοντικές αναθεωρήσεις θα αντιμετωπίσουν περισσότερα ζητήματα, ενδιαφέροντα για τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη διαχείριση των υδατοκαλλιεργειών, όπου απαιτείται (FAO 2003).

## 1.2. Η υδατοκαλλιέργεια παγκοσμίως

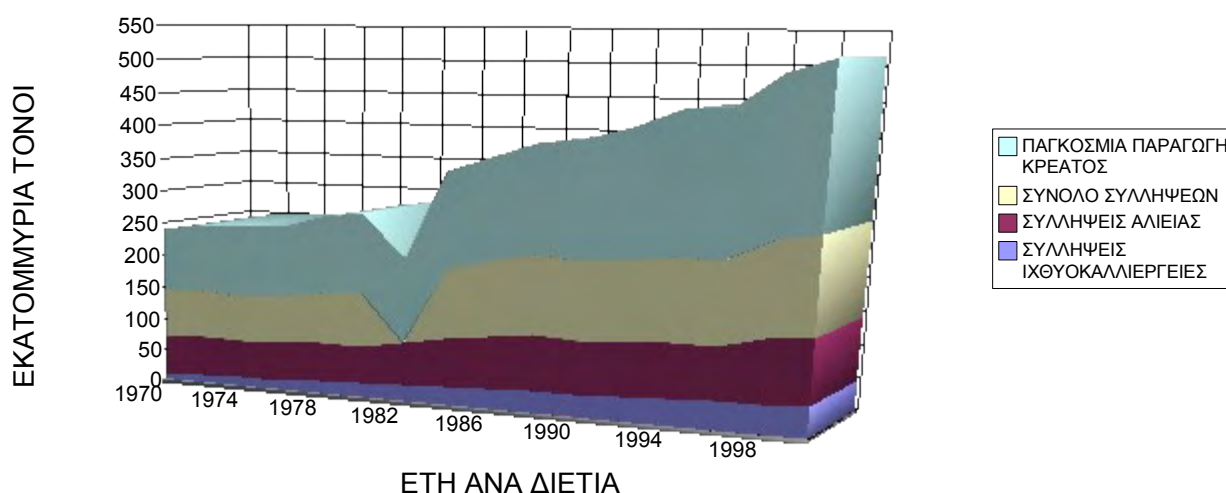
Μια παγκόσμια θεώρηση της παραγωγής υδατοκαλλιέργειας και των τάσεων παραγωγής με συνοπτικά περιφερειακά σχεδιαγράμματα παραγωγής βασισμένα στις εθνικές στατιστικές υδατοκαλλιέργειας που παραλαμβάνονται από τις χώρες μέλη του FAO μέχρι το 2000, μια προοπτική για την ανάπτυξη υδατοκαλλιέργειας (σημαντικά θέματα, ευκαιρίες και προκλήσεις), και ένα τμήμα για τα ζητήματα τρέχουσας σπουδαιότητας στη παγκόσμια ανάπτυξη και τη διαχείριση υδατοκαλλιέργειας αναφέρονται στις παρακάτω σειρές. Αναγνωρίζοντας τη δυνατότητα της υδατοκαλλιέργειας για την ανθρώπινη ευημερία, οι ανησυχίες που έχουν προκληθεί από τους διάφορους τομείς πέρα από τις αρνητικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιδράσεις ορισμένων τύπων πρακτικών υδατοκαλλιέργειας σε ορισμένα μέρη του κόσμου είναι μια μορφή προβληματισμού για την ολοκληρωμένη διαχείριση των καλλιεργειών υδάτινου περιβάλλοντος (FAO 2003).

Τα αλιεύματα είναι μια από τις υγιέστερες και δημοφιλέστερες πηγές λευκώματος παγκοσμίως. Από τον συνολικό όγκο, περίπου τα μισά από τα θαλασσινά που καταναλώνονται είναι «άγρια» που αλιεύονται στην ανοικτή θάλασσα. Το άλλο μισό προέρχεται από την υδατοκαλλιέργεια, που ορίζεται ο απλούστερα ως η καλλιέργεια των υδρόβιων ειδών - όπως οι γαρίδες, ο σολομός, η πέστροφα και η τιλάπια - υπό ελεγχόμενες συνθήκες (*Http: 4*).

Ως "Υδατοκαλλιέργεια" ορίζεται η καλλιέργεια των υδρόβιων οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών, των μαλακίων, των καρκινοειδών και των υδρόβιων εγκαταστάσεων. Υπονοεί επίσης κάποια μορφή επέμβασης-ελέγχου στη διαδικασία εκτροφής για να ενισχύσει την παραγωγή, τη σίτιση, τη προστασία από τα αρπακτικά ζώα κ.λπ. Ακόμα υπονοεί τη μεμονωμένη ή εταιρική ιδιοκτησία της καλλιέργειας του αποθέματος (FAO 2003, Πάσχος 2004). Για στατιστικούς λόγους, οι υδρόβιοι οργανισμοί που συλλέγονται από ένα μεμονωμένο ή εταιρικό σώμα που τους ήταν κύριο καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου εκτροφής τους συμβάλλουν στην υδατοκαλλιέργεια, ενώ οι υδρόβιοι οργανισμοί που είναι εκμεταλλεύσιμοι από το κοινό ως δημόσιο πόρο ιδιοκτησίας, με ή χωρίς κατάλληλες άδειες, είναι η συγκομιδή της αλιείας (FAO 2003).

Η παραγωγή υδατοκαλλιέργειας συγκεκριμένα αναφέρεται στην παραγωγή από τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας που υποδεικνύεται για την τελική συγκομιδή για την κατανάλωση ή άλλους λόγους π.χ. διακοσμητικοί σκοποί (Πάσχος 2004). Η παραγωγή αναφέρεται σε βάρος (γενικά σε τους τόνους ζώντος ζώου ισοδύναμο για τα υδρόβια ζώα και σε υγρό βάρος για τις υδρόβιες εγκαταστάσεις). Η παραγωγή υδατοκαλλιέργειας αναφέρεται επίσης από τρία περιβάλλοντα, δηλαδή το φρέσκο νερό, το υφαλμυρό νερό και το θαλάσσιο νερό **A.** το φρέσκο νερό είναι νερό με μια με συνέπεια αμελητέα αλατότητα. **B.** το υφαλμυρό νερό είναι νερό που μπορεί να φθάσει στα υψηλά επίπεδα αλατότητας, αλλά αυτό δεν είναι σταθερό. Χαρακτηρίζεται συνήθως από τις κανονικές καθημερινές και εποχιακές διακυμάνσεις στην αλατότητα λόγω των του γλυκού νερού και πλήρων εισροών νερού δύναμης θαλασσίων. Εσωκλειόμενοι παράκτιοι και εσωτερικοί οργανισμοί νερού στους οποίους η αλατότητα είναι μεγαλύτερη από φρέσκια το νερό αλλά το λιγότερο από θαλάσσιο νερό θεωρείται επίσης όπως υφαλμυρά. **Γ.** Το θαλάσσιο νερό είναι παράκτιο και παράκτιο νερό στο οποίο η αλατότητα δεν υπόκειται μέγιστη και στις σημαντικές καθημερινές ή εποχιακές παραλλαγές (FAO 2003).

### ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΧΘΥΩΝ 1970-2000

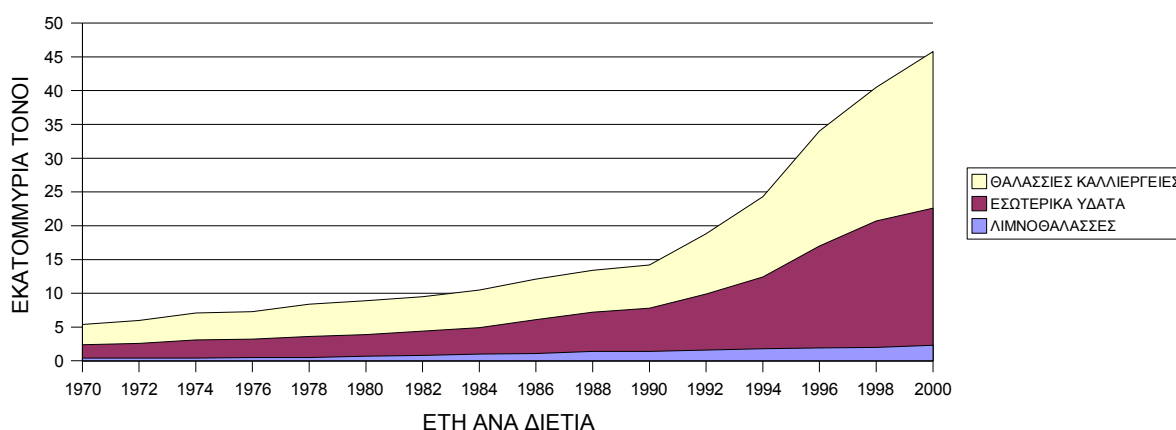


**Σχήμα 1α.** Συνολική παγκόσμια παραγωγή ιχθυρών σε εκατομμύρια τόνους από το 1970 έως το 2000

Πηγή: FAO 2003

Η βιομηχανία της υδατοκαλλιέργειας έχει αυξηθεί ισχυρά και σταθερά από 8 έως 10% κατά τη διάρκεια των προηγούμενων τριών δεκαετιών και αναμένεται για να συνεχίσει να επεκτείνεται σε εκείνο το ποσοστό (*Http: 4*). Η συμβολή της υδατοκαλλιέργειας στις συνολικές παγκόσμιες επιχειρήσεις αλιείας συνεχίζει να αυξάνεται, από 5.3% το 1970 σε 32.2% των συνολικών επιχειρήσεων αλιείας κατά βάρος το 2000 (σχήμα 1). Επιπλέον, η υδατοκαλλιέργεια συνεχίζει να εξουσιάζει όλους τους άλλους ζωικούς τομείς από την άποψη της αύξησής της. Οι υδατοκαλλιέργειες λοιπόν σημείωσαν αύξηση παραγωγής κατά 11,8% κατ' έτος σε αντίθεση με τη γεωργία που δεν ξεπέρασε το 1,6% κατά την περίοδο 1984-1996 (Πάσχος 2004). Ο τομέας έχει αυξηθεί σε ένα μέσο ετήσιο ποσοστό (Μήνας Απρίλιος – ως μέσο ετήσιο συντεθειμένο ποσοστό αύξησης) 8.9% το χρόνο από το 1970, έναντι 1.4% για την αλιεία και 2.8% για τα επίγεια καλλιεργημένα συστήματα παραγωγής ιχθυοφιλέτων κρέατος κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου (σχήμα 1α). (FAO 2003) Σε παγκόσμιο επίπεδο, το 2005 η παραγωγή στην ΕΕ-27 των προϊόντων αλιείας (αλιεία σύλληψης και παραγωγή υδατοκαλλιέργειας) ήταν περίπου 4% του παγκόσμιου συνόλου. Η Νορβηγία και η Ισλανδία αποτέλεσαν μαζί 3% του παγκόσμιου συνόλου. Τέσσερα κράτη μέλη (Δανία 14%, Γαλλία 12%, Ισπανία 14% και το Ηνωμένο Βασίλειο 12%) αποτελεί το 53% της παραγωγής της ΕΕ-των 27 χωρών για το ίδιο έτος (Eurostat 2007).

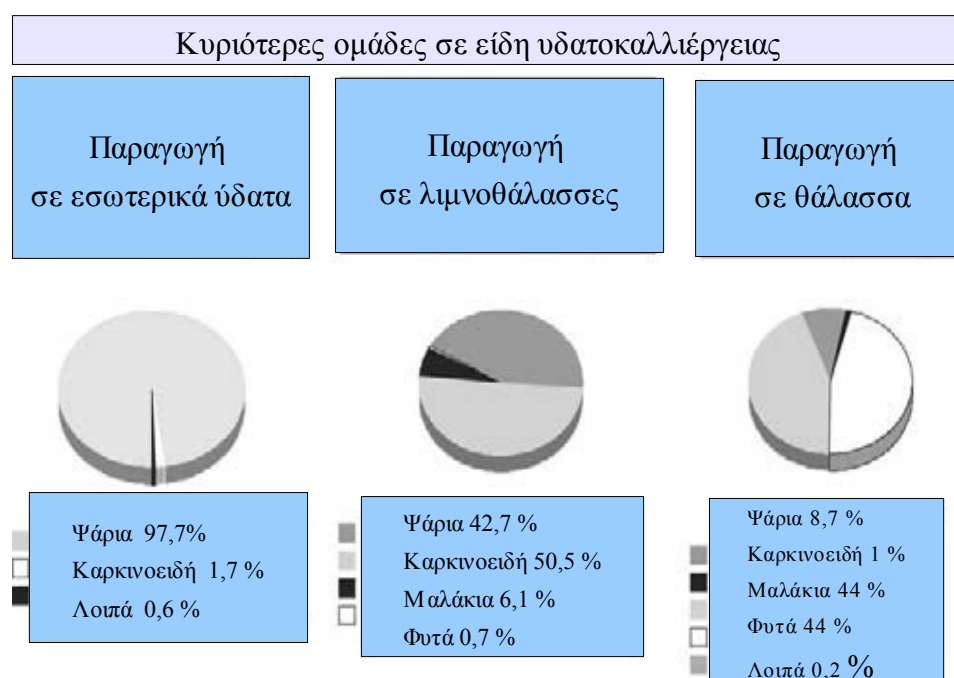
#### ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΧΘΥΡΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ



**Σχήμα 2α.** Συνολική παγκόσμια παραγωγή ιχθύρων υδατοκαλλιέργειας (όλων των μορφών) σε εκατομμύρια τόνους από το 1970 έως το 2000. **Πηγή:** FAO 2003

Πάνω από τη μισή (54.9%) από τη παγκόσμια παραγωγή στις υδατοκαλλιέργειες προήλθε από τα θαλάσσια ή υφαλμυρά νερά το 2000, όπως συγκρίνεται με το 45.1% για την του γλυκού νερού παραγωγή υδατοκαλλιέργειας. Ο μέσος όρος αύξησης (περίοδος 1970-2000) ήταν ο υψηλότερος για την παραγωγή υδατοκαλλιέργειας του γλυκού νερού (9.7%), ακολουθούμενος στενά από την παραγωγή εσωτερικών υδάτων (8.4%) και θαλασσιών καλλιεργιών (8.3%) (σχήματα 2α & 3α). Αν και η παραγωγή εσωτερικών υδάτων αντιπροσώπευσε μόνο το 4.6% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής υδατοκαλλιέργειας κατά βάρος το έτος 2000, συνέβαλε στο 15.7% της

συνολικής παραγωγής σε αξία (σχήμα 3). Οι κύριες ομάδες ειδών που εκτράφηκαν στο φρέσκο νερό ήταν οι ιχθυείς (97.7%) (Tacon 2003).



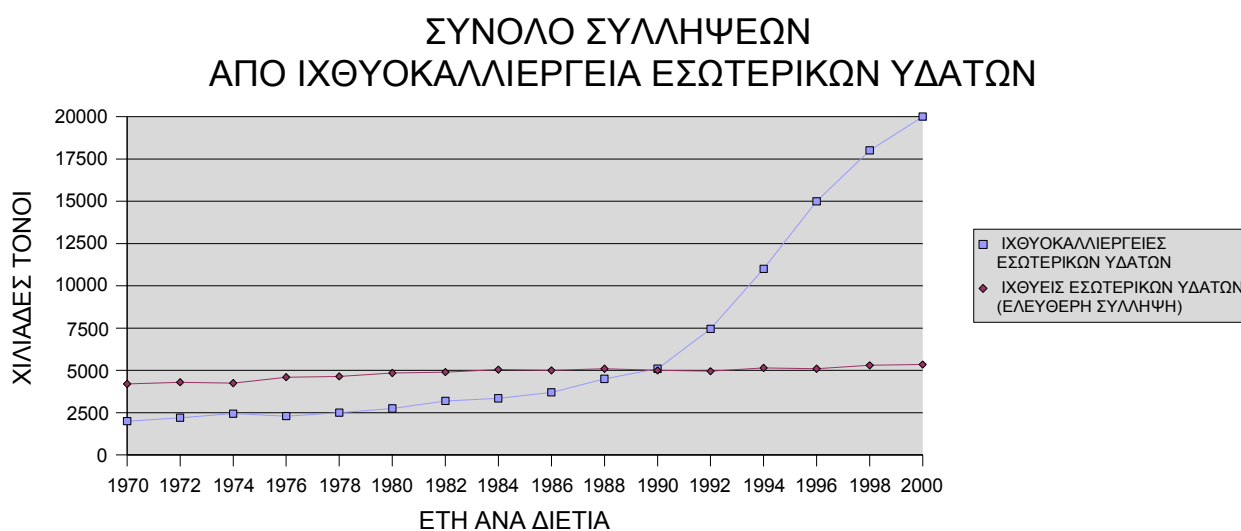
**Σχήμα 3α.** Κυριότερες μορφές ειδών εκτροφής υδατοκαλλιέργειας σε διαφορετικό περιβάλλον

Πηγή: FAO 2003

### 1.3. Υδατοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων.

Οι ιχθυοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων έχουν μακρά ιστορία η οποία ξεκινά από την Απω Ανατολή. Οι πρώτες πληροφορίες αναφέρονται στον Fan Lei στα 500 π.Χ. (Stickney 1993), ενώ αργότερα γύρω στο 250 π.Χ. υπάρχουν αναφορές σε Αίγυπτο και Ελλάδα. Στην Ευρώπη με κύριο εκπρόσωπο τον κυπρίνο άρχισαν το Μεσαίωνα σε μοναστήρια με αναφορές και κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο. Συγκεκριμένα τον 14ο αιώνα επιτεύχθηκε η αναπαραγωγή της άγριας πέστροφας (*Salmo Trutta*) από τον μοναχό Don Rinchot στη Γαλλία. Σταδιακά από το 1900 και μετά, λόγω της ανάπτυξης των βιολογικών επιστημών και της τεχνολογίας κατέστησαν τις καλλιέργειες εσωτερικών υδάτων σε έναν σημαντικό κοινωνικό-οικονομικό παράγοντα (Πάσχος 2004). Η παγκόσμια παραγωγή υδροβίων οργανισμών σε αλιεία και καλλιέργειες άρχισε να αυξάνεται σταθερά. Τα είδη του γλυκού νερού συνέχισαν να εξουσιάζουν τη παγκόσμια παραγωγή των ιχθύων το 2000 (10.80 mmt ή 85.8% της συνολικής ιχθυοπαραγωγής), ακολουθούμενα από αναδρομικά είδη (2.26 mmt ή 9.8%) και τα θαλάσσια είδη (1.01 mmt ή 4.4%) (FAO 2003, Πάσχος 2004). Η υδατοκαλλιέργεια παρέχει αυτήν την περίοδο 73.7%, 65.3% και 1.4% των συνολικών παγκόσμιας παραγωγής του γλυκού νερού ιχθυοειδών, με τα ανάδρομα είδη και τα θαλάσσια ιχθυοείδη (σχήμα 3α). Τα παρατηρηθέντα ποσοστά αύξησης αυτών των διαφορετικών ομάδων ήταν πολύ παρόμοια, ο μέσος όρος (περίοδος 1970-2000) που είναι 9.9% για τα του γλυκού νερού είδη,

10.6% για τα θαλάσσια είδη και 10.6% για τα σαλμοειδή (Tacon 2003). Κατά το έτος 2005 στην ΕΕ-27 χωρών οι συλλήψεις από τα εσωτερικά ύδατα αποτελούν μόνο λίγο πάνω από το 1% της παγκόσμιας αλιείας και μόνο το 2% των συλλήψεων από την ΕΕ των 27 χωρών σε συνολική αλιεία. Η συμβολή των 12 νέων κρατών μελών στο ΕΕ-27 σύνολο από την εσωτερική αλιεία (36%) ήταν σχετικά υψηλή έναντι της συμβολής τους στην αλιεία από τις θαλάσσιες περιοχές (10%) (Eurostat 2007).



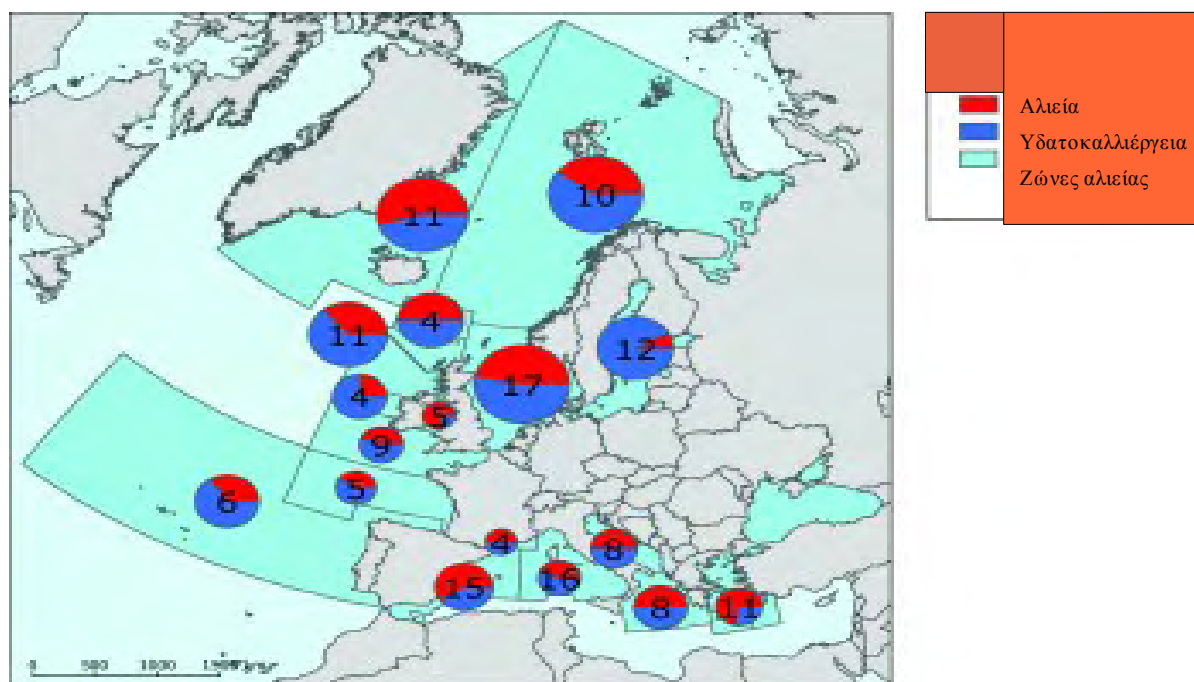
**Σχήμα 4α.** Συγκριτικά σε ολική παγκόσμια παραγωγή ιχθύων από υδατοκαλλιέργεια και ψαρέμα (σε θαλασσινά ύδατα) κατά τα έτη 1970 έως το 2000 σε εκατομύρια τόνους. **Πηγή:** FAO 2003



**Σχήμα 5α.** Η ολική παγκόσμια παραγωγή κυπρινοειδών από υδατοκαλλιέργεια κατά τα έτη 1970 έως το 2000 σε εκατομύρια τόνους. **Πηγή:** FAO 2003



Από την ιδιαίτερη αυτή σημείωση είναι γεγονός ότι τα κορυφαία πέντε καλλιεργημένα είδη ήταν κυπρινοειδή, που αντιπροσωπεύουν πάνω από τη μισή από τη συνολική παγκόσμια ιχθυοπαραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2000 (Σχήμα 5α). Εντούτοις, είναι σημαντικό να αναφερθεί εδώ ότι η αύξηση του ασημένιου κυπρίνου (*Hypophthalmichthys molitrix*) και "bighead" κυπρίνου (*Aristichthys nobilis*) (και τα δύο είδη αναπτύχθηκαν σε κλειστά κυκλώματα) έχει μειωθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια των πρόσφατων ετών έναντι άλλων κυπρινοειδών (σχήμα 5α). Επιπλέον, η ανάλυση των συνηθειών σίτισης το 2000 έδειξε ότι 62.0% ήταν παμφάγα χορτοφάγα είδη (του γλυκού νερού είδη) όπως ο κυπρίνος χλόης (*Ctenopharyngodon idellus*), ο κοινός κυπρίνος (*Cyprinus carpio*), το χρυσόψαρο (*Carassius carassius*), η τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*), το rohu mrigal (*Cirrhosus cirrhinus*), άσπρο λαυράκι (*Amur rohita Labeo*), και το γατόψαρο καναλιών (*Punctatus ictalurus*). Το 25.0% εκτροφών των κλειστών κυκλωμάτων είναι είδη του γλυκού νερού όπως ο ασημένιος κυπρίνος, μεγαλοκέφαλος κυπρίνος και το (*Catla catla*) και το 13.0% είναι σαρκοφάγα είδη (θαλάσσια και αναδρομικά είδη) όπως ο ατλαντικός σολομός (*Salmo salar*), η ιριδιζουσα πέστροφα (*Onchorhynchus mykiss*), το ιαπωνικό χέλι (*Aguilla japonica*), ο μαύρος κυπρίνος (*Mylopharyngodon piceus*), ιαπωνικό ambeijack (*Seriola quinqueradiata*) καθώς και ο σολομός (*Onchorhynchus kisutch*). Εντούτοις, αν και τα σαρκοφάγα είδη αντιπροσώπευσαν μόνο το 13.0% της συνολικής παγκόσμιας ιχθυοπαραγωγής σε βάρος το 2000, η αξία τους ανήλθε στο 34.3% της συνολικής παραγωγής, η πλειοψηφία των σαρκοφάγων ιχθυοειδών που έχουν αρκετά υψηλότερες τιμές εμπορίου από τα περισσότερα παμφάγα, αντίστοιχα (Tacon 2003).



**Χάρτης 1.** Κατάσταση των θαλάσσιων ιχθυοαποθεμάτων για το 2006 στην Ευρώπη σε αλιεία και καλλιέργεια. Δημοσιευθείσα εκτίμηση Φεβρουάριος 2009

Πηγή: ([http: 22](http://...))

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΚΥΠΡΙΝΟΕΙΔΗ

#### 2.1. Περιγραφή του είδους και του συστήματος εκτροφής του

Ο Κυπρίνος αποτελεί το σημαντικότερο μέλος μιας μεγάλης οικογένειας ψαριών του γλυκού νερού, στην οποία έχει δώσει και το όνομα του (οικογένεια Κυπρινιδών) (Κωνσταντινίδης 2005).

Η συστηματική κατάταξη του κοινού κυπρίνου *Cyprinus carpio* L έχει ως εξής (Balon 1995, Pilley 1993)

Κλάση	Osteichthyes
Υπερτάξη	Ostariophysi
Τάξη	Cypriniformes
Οικογένεια	Cyprinidae
Γένος	<i>Cyprinus</i>
Είδος	<i>Cyprinus carpio</i> L

Ο κοινός κυπρίνος (κοινό όνομα: *γριβάδι,σαζάνι,τσουκάνι*) είναι πιθανόν το πιο αρχαίο εκτρεφόμενο είδος ιχθύος στην ιστορία της ελεγχόμενης παραγωγής και ένα από τα ελάχιστα είδη που μπορεί να θεωρηθεί ως εξημερωμένο από τον άνθρωπο (Πάσχος 2004). Το ψάρι αυτό μεταφέρθηκε από τη Μικρά Ασία και διαμέσω της Ελλάδας πέρασε και προσαρμόστηκε στα νερά της Κεντρικής Ευρώπης κατά τους Ρωμαϊκούς χρόνους. Ως πατρίδα του κυπρίνου θεωρείται η περιοχή της Κασπίας θάλασσας (Logan 1888). Ωστόσο νεότερες πληροφορίες αναφέρουν και τις περιοχές μεταξύ Ιαπωνίας, Κίνας και Κεντρικής Ασίας ως θερμές περιοχές καταγωγής του. Είναι γνωστό ως ψάρι των υφάλμυρων και γλυκών νερών αλατότητας έως 14‰ (Καρακατσούλη 2000).

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να δοθεί στα λέπια του Κυπρίνου, αφού εμφανίζεται με τρεις διαφορετικές παραλλαγές. Ο "**κοινός**" Κυπρίνος ή λεπιδωτός (**Common Carp**) έχει το κορμί του πλήρως καλυμμένο με κανονικά λέπια μεγάλου σχετικά μεγέθους. Ο Κυπρίνος "**Καθρέπτης**" (**Mirror Carp**) έχει μόνο μερικά πολύ μεγάλα λέπια τοποθετημένα μόνο σε ορισμένα σημεία του κορμιού του (κυρίως κατά μήκος της πλευρικής γραμμής). Τέλος, ο Κυπρίνος "**Δέρμα**" ή γυμνός κυπρίνος (**Leather Carp**) έχει ελάχιστα ή και καθόλου λέπια και τα πλευρά του καλύπτονται μόνο με δέρμα (εξού και το όνομα). Ενίοτε όμως υπάρχουν σε διάφορα σημεία μερικά υπολείμματα από αυτά. Οι τρεις αυτές παραλλαγές στην εμφάνιση του Κυπρίνου δεν έχουν σημαντικές γενετικές διαφορές ([Http: 12](#)). Ωστόσο αναφέρεται στη βιβλιογραφία και ο "**Γραμμωτός**" Κυπρίνος (Νεοφύτου 1997, Πάσχος 2004), με χαρακτηριστικό γνώρισμα την σειρά (διπλή ή τριπλή) από ομοιόμορφα μεγάλα λέπια κατά μήκος της πλευρικής γραμμής (Φώτης 2003).

## 2.2. Μορφολογία

Είναι ψάρι μεγαλόσωμο με ωοειδές σχήμα (Φώτης 2003) ή και σχετικά μακρόστενο, αλλά μπορεί να αλλάξει ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο ζει. Συνήθως είναι πιο μακρόστενο σε τρεχούμενα νερά και λίμνες με κρύο νερό, ενώ σε λίμνες με πιο ζεστό νερό μπορεί να «στρογγυλέψει» σε βαθμό που να θυμίζει μια μεγάλη μπάλα με κεφάλι, πτερύγια και ουρά (*Http: 12*). Το χρώμα του συνήθως είναι σκούρο καφεπράσινο στην ράχη, καστανωπό, γκρι-λαδί, ή χρυσοκαφέ στα πλευρά, και κιτρινωπό στην περιοχή της κοιλιάς (*Http: 12, Http: 13*) όπου παραλλάσει λόγω διατροφής, περιβάλλοντος, νοσημάτων και κληρονομικότητας (Φώτης 2003). Έχει τριγωνικό κεφάλι, το μισό από το ουριαίο πτερύγιο και το πρωκτικό πτερύγιο μπορεί να έχει κοκκινωπό χρώμα. Τα νεαρά άτομα αρχίζουν να μοιάζουν με την ενήλικη μορφή όταν φθάνουν σε μήκος τα 10 με 12 εκατοστά. Ο κυπρίνος έχει ένα μεγάλο κρεμαστό στόμα με τέσσερα "**barbules**" (βάρβοι-μουστάκια) με αισθητήρες που τον βοηθούν στην ανεύρεση τροφής (*Http: 12*), σε κάθε πλευρά στο πάνω μέρος του στόματος όπου ο καθένας βάρβος είναι κοντύτερος από τον άλλο (*Http: 13*). Έχει ένα μεγάλο πτερύγιο κατά μήκος της ράχης, ενώ και τα υπόλοιπα πτερύγια είναι σχετικά μεγάλα (*Http: 12*). Φέρει τρία μονά πτερύγια, το ραχιαίο, το εδρικό και το ουριαίο και δύο ζεύγη πτερυγίων, τα στήθια και τα κοιλιακά. Το μακρύ ραχιαίο πτερύγιο έχει μια ξεχωριστή οστέινη οδοντωτή στήλη με 17 έως 21 ακτίνες, 3-4 πρώτες σκληρές. Το πρωκτικό πτερύγιο έχει επίσης μια σκληρή οστέινη στήλη με 6-7 ακτίνες. Τέλος το ουριαίο πτερύγιο είναι διχαλωτό (Φώτης 2003). Ο καθρεπτοειδής κυπρίνος μπορεί να έχει μέγεθος που κυμαίνεται από πολύ μικρό ως τις το μεγαλύτερο (Chow-Fraser 2005). Τα ενήλικα φτάνουν το 1200 mm (Burton & Burton 2000) με μέγιστο μήκος τα 1220 mm σε αρσενικό άτομο (*Http: 10*). Πέρα από τα συνηθισμένα όρια, οι κυπρίνοι ζουν πάνω από τα 15 έτη, με αναφορές για άτομα να φτάνουν τα 24 έτη (Balon, 1995) και μέγιστη αναφερόμενη ηλικία τα 38 έτη (*Http: 10*) ή τα 40. (Νεοφύτου 1997). Τα αρσενικά μαλιστα, ζούν περισσότερο από τα θηλυκά (Balon, 1995, *http: 8*) και μέσο βάρος στα ενήλικα τα 2-5 κιλά (Burton 2002) ενώ συχνά πιάνονται και άτομα άνω των 15 κιλών στο φυσικό τους περιβάλλον (Κωνσταντινίδης 2005) με μέγιστο δημοσιευμένο βάρος τα 40.1 kg (*http:10*).

**Πίνακας 1α.** Μέσο μέγεθος ανάλογα με τις ηλικίες

<b>Ηλικία (έτη)</b>	<b>Μέγεθος σε ίντσες (inc)</b>	<b>Μέγεθος σε εκατοστά (cm)</b>
1	6,8	17,2
2	13,9	35,3
3	20,4	51,8
4	25	63,5
5	27,2	69,1
6	28,2	71,6
7	28,5	72,4

Πηγή: *http:10*

### 2.3. Διατροφή των κυπρίνων

Στη διατροφή των κυπρίνων στο φυσικό τους περιβάλλον αναφορά γίνεται σε διάφορους οργανισμούς κυρίως ασπόνδυλους όπως σαλιγκάρια, μαλάκια, σκουλήκια, έντομα (προνύμφες και ενήλικα) και καρκινοειδή (*Http: 12*). Σε υδρόβιες εγκαταστάσεις, εκτατικές και ημικτατικές, άλγη, σπόροι (1000 περίπου είδη σπόρων έχουν βρεθεί), μακρόφυτα και υδροχαρή φυτά (Chow-Fraser 2005). Οι προνύμφες και οι πρόωρες μορφές εντούτοις, τρώνε ζωοπλαγκτόν. Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι κυπρίνοι 1 ως 1,25 κιλών σωματικού βάρους μπορούν και καταναλώνουν ως και 174% του βάρους τους με υδρόφιλα μακρόφυτα του είδους *Hydrilla* και *Ceratophyllum* (Moriarty *et al* 1987). Ο κυπρίνος αυξάνεται καλύτερα στα θερμά και στάσιμα ή αργά νερά (Edwards 1987). Επίσης μπορούν να ανεχτούν νερά με διαλυμένο οξυγόνο τόσο χαμηλό όσο το 1mg/L (Chow-Fraser 2005). Η μέγιστη ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί σε θερμοκρασίες κυρίως 25-27 °C εφόσον καλύπτονται επαρκώς οι θρεπτικές και ενεργειακές του ανάγκες (Παπουτσόγλου 2004). Πέραν του εύρους της θερμοκρασίας των 3-38 °C οι κυπρίνοι δεν λαμβάνουν τροφή (Φώτης 2003). Τα περισσότερα είδη τροφής για τον κυπρίνο βρίσκονται μέσα στα κατώτατα στρώματα των νερών και το βένθος όπου ξεριζώνει τη βλάστηση κατά την έρευνα του για τροφή (Burton 2002, Zambrano *et al* 2001). Επίσης και με τη σωματική δραστηριότητα (εποχή της ωοτοκίας) μπορεί να ξεριζώσει τα υδρόβια φυτά (Chow-Fraser 2005). Αποβάλλει νερό, λάσπη και άπεπτα υλικά κατά τη διάρκεια της σίτισης, συχνά με καταστροφικές συνέπειες για τις υδρόβιες εγκαταστάσεις που ξεριζώνονται, των θρεπτικών ουσιών που απελευθερώνονται στο υδατικό περιβάλλον (φυτοτροφισμός) (Zambrano *et al* 2001) και των ιζημάτων που αιωρούνται στη στήλη νερού (θόλωση νερού) (*Http: 2*). Η κατανάλωση σπόρων επίσης μπορεί να οδηγήσει στον ανταγωνισμό μεταξύ του κυπρίνου και των υδρόβιων πουλιών. Διαπιστώθηκε ότι οι αλλαγές στη βιομάζα μακροφύτων οφείλονται στα άμεσα αποτελέσματα του κοινού κυπρίνου. Ο κοινός κυπρίνος είχε δυσμενή αποτελέσματα στα βιολογικά συστήματα συμπεριλαμβανομένης της καταστροφής των βιοτόπων αναπαραγωγής που χρησιμοποιούνται από ψάρια και πουλιά (*Http: 14*). Οι ενήλικοι κυπρίνοι είναι γενικά παμφάγοι και κατώτατοι καταναλωτές (βενθοφάγοι οργανισμοί) (Καραμήτρος 2001, Φώτης 2003).

### 2.4. Αναπαραγωγή των κυπρίνων

Η περίοδος της ωοτοκίας εμφανίζεται από Μάιο μέχρι τον Αύγουστο. Η μέγιστη ωοτοκία εμφανίζεται από τα μέσα Μαΐου μέχρι τον Ιούνιο (Chow-Fraser 2005). Η ωοτοκία των κυπρίνων μπορεί να ξεκινήσει από τις ηλικίες των 2 έως των 4 ετών. Γενικά, άτομο ηλικίας 2 ετών μπορεί να ωοτοκεί κάθε χρόνο για διάστημα τουλάχιστον 3 ετών. Στην Ελλάδα ωοτοκεί κάθε χρόνο σε σχέση με πιο δροσερά κλίματα της βόρειας Ευρώπης ο κυπρίνος δεν ωοτοκεί κάθε έτος. Η θερμοκρασία ύδατος πρέπει να πλησιάσει τους 20 °C για τον κυπρίνο για να αρχίσει να ωοτοκεί και για την εκκόλαση των αυγών που αναπτύσσονται (*http:13*). Σε τροπικά κλίματα ο κοινός κυπρίνος μπορεί να αναπαράγεται οποιαδήποτε εποχή του χρόνου (Πάσχος 2004). Οι απαιτήσεις σε θερμοκρασία ύδατος κυμαίνονται από 17 °C έως 26 °C για να εμφανιστεί η ωοτοκία (Edwards 1987,

Κωνσταντινίδης 2005). Συνήθως εμφανίζεται γόνος σε ομάδες τουλάχιστον των 3 ή 4 αρσενικών και ενός θηλυκού. Τα βαθιά νερά εμποδίζουν την ωοτοκία ενώ τα ρηχά (18 - 50 εκατ.) την διευκολύνουν. Έτσι μια ρηχή, πλημμυρισμένη περιοχή, με άφθονη βλάστηση αρκεί ώστε να αποτεθούν τα αυγά (Logan 1888). Τα αυγά, ελαφρώς συγκολλητικά, κολλούν στα φύλλα των φυκιών και των υδροχαρών φυτών, σε διάφορες επιφάνειες υδρόβιων εγκαταστάσεων ή μπορεί και να τα βυθίζουν στο ελλοχεύον υπόστρωμα (Chow-Fraser 2005). Σοβαρή ζημιά στις εγκαταστάσεις ωοτοκίας μπορεί να εμφανιστεί από μεγάλους πληθυσμούς ενηλίκων λόγω διατροφικών και άλλων συνηθειών (δυνατός παφλασμός στο νερό). Αυτό καθιστά τις υδάτινες οδούς μη ελκυστικές, μειώνει την αφθονία υδρόβιων εγκαταστάσεων και μπορεί να καταστήσει το νερό ακατάλληλο τόσο για την κολύμβηση όσο και για την κατανάλωση ακόμη και από το ζωικό κεφάλαιο. ([Http: 2](#)) Σε μερικές περιπτώσεις, σε "κοι", έχει προκληθεί τόσο πολλή ζημιά στις υδάτινες οδούς ώστε μεγάλα χρηματικά ποσά έχουν δαπανηθεί στην προσπάθεια να αφανιστούν. Δυστυχώς αυτές οι προσπάθειες είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μένουν ανεπιτυχείς ([http:14](#)). Ο κυπρίνος δεν χτίζει φωλιές και δεν δίνει προσοχή στους γόνους του. Τα θηλυκά γεννούν 5000 έως 6000 αυγά συγχρόνως. Έχει αναφερθεί για θηλυκό άτομο στη Βόρεια Αμερική που γέννησε και 100000 αυγά. Ο κυπρίνος ακόμα μπορεί να υβριδοποιηθεί με το χρυσόψαρο (*Carassius auratus* L). Η ωοτοκία μπορεί να γίνει την ημέρα ή τη νύχτα (Chow-Fraser 2005).

## 2.5. Εκτροφή – Αλιεία

Ο κοινός κυπρίνος λόγω της μεγάλης εξάπλωσης και του ευπροσάρμοστου χαρακτήρα σε διάφορα περιβάλλοντα βρίσκεται σε ποίκιλα είδη καλλιέργειών. Η παραδοσιακή αναπαραγωγή και εκτροφή του σε πολλές χώρες της Κεντρικής Ευρώπης απαιτεί μεγάλες εκτάσεις ακατάλληλες για κάθε άλλη γεωργική δραστηριότητα (εδάφη φτωχά, αμμώδη, ελώδη, όξινα ή αλατούχα) (Φώτης 2003). Είναι σε εκτατικές ή ημιεκτατικές μορφές σε χωμάτινες δεξαμενές με πολυκαλλιέργεια με πέστροφα, τιλάπια και γληνί ή μονοκαλλιέργεια (Πάσχος 2004). Ωστόσο δεν αποκλείονται και οι εντατικές και οι υπερεντατικές (ημίκλειστες) μορφές συστημάτων παραγωγής (Παπουτσόγλου 2008). Ο κοινός κυπρίνος είναι σημαντικός στην ελληνική αλιεία του γλυκού νερού εδώ και πολλά έτη, αλλά η καλλιέργεια των ειδών τεχνητά στις λίμνες και τα εκκολαπτήρια είναι πρόσφατη ([http:13](#)). Το είδος είναι παμφάγο, καταναλώνοντας κύρια φυτικό ιστό αλλά και ασπόνδυλα. Αναπαράγονται φυσικά στην Ελλάδα όταν αυξάνονται οι θερμοκρασίες ύδατος στους 18°C την άνοιξη (Edwards 1987). Από απόψεως ψαρέματος, ο Κυπρίνος είναι ένα από τα δημοφιλέστερα είδη για τους Ευρωπαίους ψαράδες, ειδικότερα δε για τους Βρετανούς και Ρώσους (τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί έντονη αύξηση της δημοτικότητας του ψαρέματος Κυπρίνου και στην Ελλάδα). Τα μεγάλα μεγέθη στα οποία μπορεί να φτάσει, σε συνάρτηση με την έντονη μαχητικότητα του όταν πιαστεί, έχουν βοηθήσει ώστε το είδος να έχει πολλούς φανατικούς οπαδούς. Επιπρόσθετα, οι μεγάλοι Κυπρίνοι είναι σχετικά έξυπνα ψάρια και αρκετά δυσκολόπιαστα και αυτός ο παράγοντας σίγουρα βοηθά στην δημοτικότητα του είδους. Από γευστικής απόψεως, ο Κυπρίνος έχει (αντίθετα με την «κοινή αντίληψη» που επικρατεί) νόστιμο

κρέας, και φυσικά δεν «μυρίζει λάσπη». Το πρόβλημα του Κυπρίνου είναι τα πολλά αγκάθια, που σε συνάρτηση με την κάπως μαλακή υφή της σάρκας του δυσκολεύουν την κατανάλωση. Τα αγκάθια ωστόσο παύουν να είναι πρόβλημα αν ο Κυπρίνος είναι αρκετά μεγάλος (πέραν των 3 κιλών) και ένας μεγάλος Κυπρίνος στον φούρνο ή την σχάρα είναι εκλεκτός ψαρομεζές (*Http: 12*).

## 2.6. Εχθροί και Άρπαγες

Πρακτικά οι κυπρίνοι δεν έχουν φυσικούς εχθρούς μετά την απόκτηση μεγάλου βάρους παρά από τα μεγαλύτερα ψάρια από αυτά σαρκοφάγα όπως το κοινό γατόψαρο καθώς και ο άνθρωπος (*Http: 1*) Πολλοί φυσικοί εχθροί, κατα κόρον, υπάρχουν όταν ο κυπρίνος βρίσκεται στο στάδιο του αβγού-εκκόλαψης και στο στάδιο των νεαρών ψαριών (προνύμφες). Τέτοιοι εχθροί είναι τα άλλα μεγαλύτερα ψάρια συμπεριλαμβανομένων των ίδιων των κυπρίνων, διάφορα έντομα και προνύμφες άλλων ψαριών. Αναφορές επίσης γίνονται και σε άλλα ζώα όπως βάτραχοι, χελώνες, σαύρες, ποντίκια-αρουραίοι, ασβόι και άλλα χερσαία ή υδρόβια τρωκτικά. Ακόμη υδρόβια πτηνά όπως πάπιες, χήνες, ερωδιοί και άλλα, μπορούν να συμπεριληφθούν. Αυτά μάλιστα μπορούν να καταναλώσουν μεγαλύτερα σε μέγεθος ψάρια είτε καταπίνοντάς τα είτε αρπάζοντάς τα από την επιφάνεια όπως αετοί, γεράκια κ.α. Απειλητικά είδη για τον κυπρίνο αποτελούν και τα νερόφιδα τα οποία είναι δεινοί κυνηγοί και αδηφάγα ζώα αφού γίνεται αναφορά ότι καθημερινά μπορούν να σκοτώσουν ως 30 νεαρά ψάρια κυπρίνων (Logan 1888).

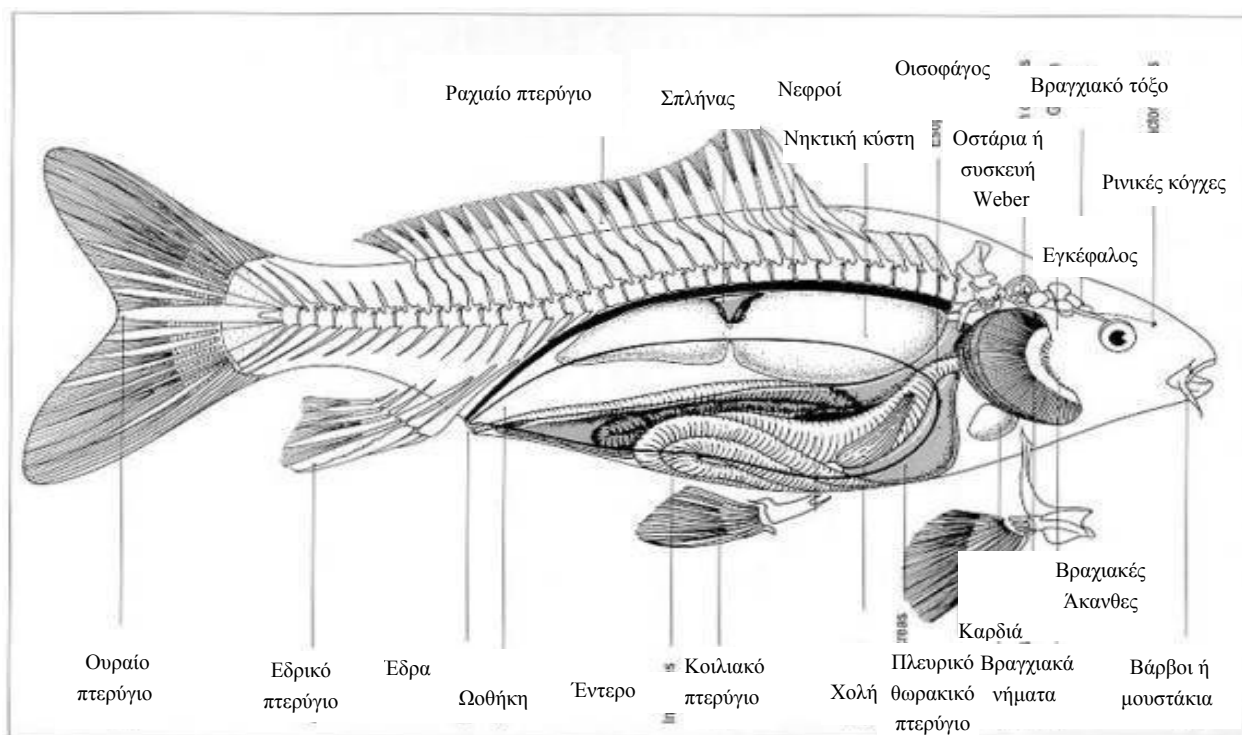
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. Το πεπτικό σύστημα στον κυπρίνο

Στο φυσικό περιβάλλον, στον κυπρίνο, το στόμα και η στοματική του κοιλότητα λειτουργεί ως εργαλείο σύλληψης για τον έλεγχο, την επιλογή και την προετοιμασία της τροφής. Η στοματική του κοιλότητα είναι ευθυγραμμισμένη με το υπόλοιπο σώμα και εξωτερικά καλύπτεται με σκληρές κορυφογραμμές μιας διπλωμένης μεμβράνης αποκαλούμενης ως "*mucosa*" (πτυχές-χειίλη) ([http:](http://) 23). Είναι πολύ στενά και προεξέχουν για την αναζήτηση και λήψη τροφής (Φώτης 2003). Αυτό καλύπτεται από μικροσκοπικές προβολές αποκαλούμενες ως θηλώματα "*papillae*" και περιλαμβάνει τα κύτταρα βλέννας και τα οργανίδια γεύσης, τους γευστικούς κάλυκες "*tastebuds*" (Anonymus 2005, Stevens *et al* 2005). Ο φάρυγγας που καταπίνει την τροφή είναι οδοντωτός. Στον κυπρίνο, στο πέμπτο βραγχιακό τόξο οι βραγχιακές άκανθες της κοίλης πλευράς του τόξου που κανονικά χρησιμοποιούνται σαν φίλτρα, έχουν μεταπλαστεί σε φαρυγγικά δόντια (Λαζαρίδου-Δημητριάδου 1992) που είναι πέντε και διατάσσονται σε τρεις σειρές (Φώτης 2003) που η κύρια σειρά περιέχει 4-7 δόντια ενώ οι άλλες από μηδέν έως τρία (Νεοφύτου 1997). Εντούτοις, πολλά ψάρια που μασούν με τα φαρυγγικά δόντια ή με παρόμοιες δομές (γνάθοι και σιαγόνες) παράγουν επίσης βλέννα κατά τη μάσηση. Οι δοκιμές αυτής της βλέννας σε μερικά είδη κυπρίνων για την ενζυμική δραστηριότητά της έχει δώσει αρνητικά αποτελέσματα (Smith 1980). Η μηχανική προετοιμασία των τροφίμων αρχίζει με τη δράση των φαρυγγικών δοντιών. Αυτά κατά τη διάρκεια της ζωής τους αλλάζουν πολλές φορές (Νεοφύτου 1997). Τα φαρυγγικά δόντια εμφανίζονται καλύτερα στις αναπτυγμένες μορφές των κυπρίνων, τρίβοντας ή αναμασώντας με μέρος των βραγχιακών δοντιών την τροφή (Stevens *et al* 2005). Στον κυπρίνο, τα χαμηλότερα όρια των βραγχιακών δοντιών είναι συνδεδεμένα με το καλά αναπτυγμένο μυϊκό σύστημα που λειτουργεί στα δύο σύνολα των φαρυγγικών δοντιών ώστε να αλεστούν οι τροφές σε μικρά κομμάτια πριν τις καταπιεί (Ballintijn 1969). Η άλεση πιθανώς να αυξάνει το ποσοστό των φυτικών κυττάρων που μπορεί να κατατηθεί επιτυχώς από τα πεπτικά ένζυμα (Ballintijn 1969, Φώτης 2003).

Στη συνέχεια ο αγωγός που μεταφέρει τις τροφές από τη φαρυγγική περιοχή μετά τη στοματική κοιλότητα, στο προέντερο και το δεκτικό σάκο (υποτυπώδες στόμαχος) καλείται οισοφάγος. Ιστολογικά η συγκρότηση του οισοφάγου αποτελείται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες από μέσα προς τα έξω το βλεννογόνο (με παρουσία και γευστικών καλύκων), το μυϊκό και τον ορογόνο (Παπουτσόγλου 2004). Είναι κοντός, ευρύς και ευθύς με σκληρά τοιχώματα και επιμήκεις πτυχές του βλεννογόνου με επιθήλιο πυκνά βλεννώδες επιτρέπει την εύκολη δίοδο των τροφών (Roberts 2001), τον πυλωρικό σφυγκτήρα στον φυτοφάγο κυπρίνο (Shireman and Smith 1983) και ένα προέντερο (όπου ιστολογικά διαφέρει από το έντερο λόγω παρουσίας αδενοειδών κυττάρων που εκκρίνουν οξύ) που προηγείται του ανοίγματος που ομοιάζει με στόμαχο στα ενήλικα. Η χολή-πάγκρεας στη συνέχεια που με τον χολαγωγό εκβάλλει στο έντερο και στα ενήλικα στο δεκτικό σάκο (Νεοφύτου 1997). Έτσι, καμία όξινη φάση πέψης δεν εμφανίζεται, ακόμα και όταν αναπτύσσεται το υποτυπώδες στομάχι. Αν και οι ιστοί των εντέρων εμφανίζουν μεγάλη

μεταβλητότητα, το εμπρόσθιο έντερο (προέντερο) εμφανίζεται ανίκανο (ή δεν χρειάζεται) να αναπαραγάγει τις λειτουργίες του στομαχιού. Τόσο το μέσο έντερο όσο και η πυλωρική βαλβίδα είναι πάντα απόντα στα συγκεκριμένα ψάρια (Smith 1980). Το πρόσθιο έντερο δεν είναι πάρα ένας σωλήνας με λείο μυϊκό κωνοειδές επιθηλιακό ιστό καλυμμένο με πυκνό επίστρωμα ελαστικού υμένα (Roberts 2001), είναι πάντα το πιο μακρύ μέρος του εντέρου και κουλουριάζεται με περίπλοκους βρόχους στον ηπατικό ιστό (Παπουτσόγλου 2004) και συγκρατείται στη σπλαγγχνική κοιλότητα από το μεσεντέριο. Έτσι λοιπόν το έντερο έχει τρεις ομόκεντρους χιτώνες, αποτελούμενους σε σειρά από μέσα προς τα έξω α) τον βλενώδη β) τον μυϊκό και γ) τον ορογόνο (Guillame *et al* 2001). Στα ενήλικα η αρχή του οπισθεντέρου χαρακτηρίζεται από μια εμφανή αύξηση στη διάμετρο. Περαιτέρω προς την έδρα το έντερο είναι παρόμοιο στη δομή με τον οισοφάγο που παρουσιάζει παχύτερα τοιχώματα συνδετικού ιστού και πυκνά βλενώδη εκκριτικά κύτταρα (Stevens *at al* 2005). Στο τέλος του πίσω εντέρου είναι η έδρα (Φώτης 2003). Οι κυπρίνοι έχουν αρκετά μακρύ πεπτικό σύστημα, έως 4 με 5 φορές μακρύτερο από το σώμα τους (Πάσχος 2004). Μέρος της εξήγησης αυτής βρίσκεται στο γεγονός ότι πολλά ψάρια τρώνε ποικιλία τροφών, που λαμβάνονται μερικές φορές με άπεπτο υλικό (π.χ. λάσπη). Επίσης το μέγεθος των τροφών από το υπομικροσκοπικό πλαγκτόν έως και τα μεγάλα τεμάχια, σε όλα τα ψάρια, μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διαμόρφωση εντέρων (Smith 1980). Η τροφή διατηρείται στο έντερο για 22 έως 50 ώρες στους 12.5 °C και για 16 έως 25 ώρες στους 20 °C έως ότου αποβληθεί. Το συνολικό ποσό της τροφής που καταναλώνεται καθημερινά αντιπροσωπεύει το 3.9% του μέσου βάρους (Chow-Fraser 2005).



**Εικόνα 1α.** Πεπτικό Σύστημα Κυπρίνου. Πηγή: <http://24>



## 3.2. Η Πέψη

Η πέψη είναι η διαδικασία κατά την οποία τα ληφθέντα υλικά μειώνονται σε μόρια αρκετά μικρού μεγέθους ή άλλων κατάλληλων χαρακτηριστικών για απορρόφηση, στην μετάβαση της τροφής μέσω των τοιχωμάτων του εντέρου στην κυκλοφορία του αίματος. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι πρωτεΐνες υδρολύονται σε αμινοξέα ή τα πολυπεπίδια σε αλυσίδες μερικών αμινοξέων, οι εύπεπτοι υδατάνθρακες σε απλές ζάχαρες (γλυκόζη, φρουκτόζη κλπ) και τα λίπη σε λιπαρά οξέα και γλυκερίνη (Καραμήτρος 2001). Τα υλικά που δεν απορροφώνται είναι άπεπτες ουσίες ή πεπτές ουσίες οι οποίες δεν απορροφήθηκαν λόγω υπερκορεσμού του εντερικού επιθηλίου (Boyd 1995) και αποβάλλονται τελικά ως περιττώματα.

### *Στόμα-Οισοφάγος*

Η στοματική κοιλότητα καλύπτεται από μικροσκοπικές προβολές αποκαλούμενες ως θηλώματα και περιέχεται από κύτταρα βλέννας και γευστικούς κάλυκες (Anonymus 2005, Stevens et al 2005). Αυτό ισχύει επίσης για τον κυπρίνο όπου η μηχανική προετοιμασία των τροφών αρχίζει με τη δράση "**λείανσης**" των φαρυγγικών δοντιών (Φώτης 2003). Τα τρόφιμα αλέθονται μεταξύ των φαρυγγικών δοντιών και αυτού του είδους η λείανση εξασφαλίζει το ότι όλα τα τρόφιμα που εισάγονται το έντερο είναι κατάλληλα τεμαχισμένα για περαιτέρω πέψη (κυρίως χόρτα) (Ping Xie 1999, Φώτης 2003). Το "**διάλεγμα**", η δράση που βλέπει κανείς σε έναν κυπρίνο καθώς τον ταΐζει εμφανίζεται ως αποτέλεσμα αυτής της δράσης λείανσης, αποβάλλοντας συχνά το απορριφθέν τεμαχισμένο υλικό μέσω των διαφραγμάτων ανάμεσα από τα βράγχια (Ping Xie 1999). Ένα πυκνό στρώμα από συσταλτικά κύτταρα βοηθούν τη μετάβαση του επιλεγμένου υλικού τροφίμων (με ταυτόχρονη αποβολή νερού), μέσω αυτής της πρώτης συστολής άμεσα στο έντερο. Ο οισοφάγος με περισταλτικές κινήσεις των μυών κάνει τη μεταφορά στο στομάχι, όπου πραγματοποιείται η αποθήκευση και ο φυσικός τεμαχισμός των τροφών ενώ αρχίζει τη χημική διεργασία με την πεψίνη και στη συνέχεια στο έντερο με υδροχλωρικό οξύ και τελειώνει τη χημική διεργασία (χολή και πεπτικά ένζυμα) με την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών σε συνέργεια με όργανα όπως το συκώτι και το πάγκρεας (Παπουτσόγλου 2004, Κάτανος 2001). Ωστόσο όμως στον κυπρίνο που δεν υπάρχει στομάχι δεν υπάρχει καμία όξινη φάση στην πέψη και ολόκληρη χωνευτική διαδικασία πραγματοποιείται στο αλκαλικό περιβάλλον του εντέρου (National Research Council US 1977).

### *Έντερο*

Μέχρι το πρώτο μέρος του προηγούμενου αιώνα θεωρήθηκε ότι ο κυπρίνος όπως και τα περισσότερα άλλα τελεόστεα κατείχαν ένα στομάχι. Ακόμα και μετά από τομή, σε πρώτη φάση τον εμφανίζει να κατέχει ένα στομάχι και μόνο μετά από μικροσκοπική έρευνα αποδεικνύεται ότι αυτό είναι μόνο ένας εκτεταμένος δεκτικός σάκος. Αντίθετα από άλλα ψάρια που κατέχουν αληθινό στομάχι όπως Τιλάπια, αυτή η δομή δεν εκκρίνει το οξύ ή ένζυμα και δεν ολοκληρώνεται με έναν πυλωρικό μυ (National Research Council US 1977, Anonymus 2005). Στα θηλαστικά, από τη

γέννηση το στομάχι περιλαμβάνεται για να σβολιάσει μητρικό γάλα καθώς και μετέπειτα άλλες τροφές το αναγκάζει να παραμείνει μακρύτερο χρόνο στο στομάχι για αυξημένη ενζυμική δραστηριότητα μετά από χρήση υδροχλωρικού οξέος (Καραμήτρος 2001, Σμοκοβίτης 2008). Σε αντίθεση το πεπτικό σύστημα είναι ελλειπές σε πρόσφατα εκκολαμμένα ψάρια. Η διαφοροποίηση των οργάνων πέψης αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων ζωής. Η λειτουργία αυτών των οργάνων όμως καθιερώνεται καθώς το υλικό της λεκίθου στα πρόσφατα εκκολαμμένα ψάρια απορροφάται. Η σχετική δραστηριότητα των πεπτικών ενζύμων συσχετίζεται με τη διαφοροποίηση αυτών των οργάνων και την αύξηση δραστηριότητας αφότου αρχίζει η σίτιση (National Research Council US 1977).

Η πέψη στον ενήλικο κυπρίνο είναι απλουστευμένη. Στην πραγματικότητα, εκτός από το διαστέλλουν δεκτικό σάκο στα ενήλικα άτομα το έντερο είναι μακροσκοπικά αδιαφοροποίητο κατά μήκος και η μετάβαση των τροφών ενισχύεται από τις εκκρίσεις από τους γαστρικούς αδένες ενώ άλλα κύτταρα στο επιθήλιο του εντέρου ειδικεύονται στο να απορροφήσουν τις διαλυόμενες θρεπτικές ουσίες από το έντερο (Anonymus 2005). Στον χορτοφάγο κυπρίνο μάλιστα οι εκτιμήσεις της πεπτικότητας των μακροφύτων στο φυσικό περιβάλλον φτάνουν το 50 με 70% (Moriarty 1987). Η πλήρης απουσία ενός στομαχιού στον κυπρίνο σημαίνει ότι καμία όξινη πέψη δεν πραγματοποιείται και καμία πεψίνη δεν παράγεται από κοινού με το υδροχλωρικό οξύ για να αφομοιώσει τις πρωτεΐνες (Φώτης 2003). Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί η δράση της μικροβιακής χλωρίδας (βακτήρια-μύκητες) του εντέρου ως μηχανισμός που μπορεί να αναδειξει διατροφικά στοιχεία όπως των λιπαρών οξέων, των πρωτεϊνών και βιταμινών (σε πέστροφες τα πυλωρικά τυφλά να περιέχουν τα βακτηρίδια που παράγουν τις βιταμίνες B) (Smith 1980) και ιχνοστοιχείων πέραν της συνήθους διατροφής (Jhingran 1985). Αναφέρεται ότι η πεπτικότητα στον χορτοφάγο κυπρίνο είναι πιο ικανοποιητική, όταν η φυτική τροφή είναι τριμμένη ή εκτενώς διαλυμένη, οφειλόμενη στους μηχανισμούς της μικροβιακής χλωρίδας (κυτταρινολυτικά ένζυμα-κελλουβιόζη) παρά στην ενζυμική δραστηριότητα του εντέρου (Moriarty 1987, Ping Xie 1999).

### *Πέψη πρωτεϊνών*

Η πρωτεΐνη των τροφών αφομοιώνεται γενικά και απορροφάται κατά τρόπο παρόμοιο από τα τελεόστεα ψάρια, ανεξάρτητα από την παραλλαγή τους στις συνήθειες τροφίμων και τα πεπτικά όργανα (National Research Council US 1977). Φαίνεται ότι τα ζυμογόνα ένζυμα τρυψίνη και χυμοτρυψίνη, που εκκρίνονται από το πάγκρεας (Γεωργάτσος 2005) είναι κατά ένα μεγάλο μέρος αρμόδια για την πρωτεϊνική πέψη. Η πρωτεόλυση σε ανατομικά τελειοποιημένα άτομα κυπρίνου είναι με αυξανόμενη σύνθεση και ενεργότητα αρχίζοντας από τον φάρυγγα (Παπουτσόγλου 2004). Αυτό που είναι αρκετά περίεργο είναι γιατί τα άλλα ψάρια αλλά και τα υδρόβια σπονδυλωτά απαιτούν την δράση δύο σημαντικών πρωτεάσεων της πεψίνης (πρωτεΐνη που αφομοιώνει τα ένζυμα) από το στομάχι και της τριψίνης από το πάγκρεας, ενώ ο κυπρίνος αφομοιώνει τα τρόφιμά τους ικανοποιητικά έστω και με συνολική έλλειψη της πεψίνης (Ανώνυμος 2005).

Η δράση του οξέος στις τροφές, στα στομάχια των περισσότερων σπονδυλωτών ενεργεί μετά τη διακοπή της μηχανικής κατεργασίας των τροφών για να παρέχει ένα βέλτιστο pH για τη

δράση της πεψίνης (Κάτανος 2002). Ωστόσο η δράση της άλεσης της τροφής λόγω των φαρυγγικών δοντιών μπορεί να αφαιρεί την ανάγκη για τη δράση του οξέος στο υλικό των τροφών. Η πεψίνη ενεργεί στο στομάχι βέλτιστα σε ένα pH περίπου στο 2 (Smith 1980). Επίσης λόγω της παμφάγους διατροφής του κυπρίνου έναντι άλλων ψαριών, η ανάγκη για πεψίνη μειώνεται καθώς χαμηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης προσλαμβάνονται (National Research Council US 1977, Jhingran 1985). Αυτό είναι πιθανόν διότι η αποδοτικότητα της πρωτεϊνικής αφομοίωσης να λιγοστεύει σε τεχνητές υψηλοπρωτεϊνικές διατροφές (National Research Council US 1977, Παπουτσόγλου 2004). Τα εντερικά ένζυμα των ψαριών περιλαμβάνουν τις τριψίνες, τις χυμοτριψίνες, τις καρβοξυπεπτιδάσες, τις αμινοπεπτιδάσες, τις τριπεπτιδάσες, και διπεπτιδάσες. Οι αρχικές εκκρίσεις των τριψινογόνων και του χυμοτριψινογόνων είναι προϊόντα του πάγκρεατος (National Research Council US 1977). Οι πρωτεάσες όπως η τριψίνη και η χυμοτριψίνη που εκκρίνονται από το πάγκρεας, (ως ενδοπεπτιδάσες) αφομοιώνουν τις πρωτεΐνες στα τρόφιμα (Smith 1980). Τα τριψινογόνα μετατρέπονται στο ενεργό ένζυμο (τριψίνη) μέσω της επιρροής της εντεροκινάσης, το τελευταίο έχει καταδειχθεί σε διάφορα είδη ψαριών (National Research Council US 1977). Το χυμοτριψινογόνο αλλάζει σε χυμοτριψίνη μέσω της δραστηριότητας της τριψίνης (Γεωργάτσος 2005, Σμοκοβίτης 2008). Στον κοινό κυπρίνο όπως και τον ασημοκυπρίνο η χυμοτριψίνη είναι τέσσερις φορές πιο ενεργή από την τρυψίνη (Adalberto Luis Val, David J. Randall – 2006). Αυτή διαλύει τις πρωτεΐνες σε αμινοξέα ή σε μικρές ομάδες πρωτεϊνών που είναι διαλυτά και εύκολα απορροφήσιμα από την κυκλοφορία του αίματος (Γεωργάτσος 2005). Πρωτεΐνες όπως η καζεΐνη, καθώς επίσης και οι πρωτεΐνες του κρέατος ακατέργαστων ψαριών και τα σύμπηκτα ψαριών, αφομοιώνονται σχεδόν τελείως (National Research Council US 1977). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι σε άλλα ψάρια και σπονδυλωτά, οι παγκρεατικές πρωτεάσες και οι εκκρίσεις τις χοληδόχου εισάγονται στο έντερο μετά από το στομάχι. Το γεγονός ότι στον κυπρίνο οι παγκρεατικοί αγωγοί και οι εκκρίσεις της χολής εισάγονται στο έντερο πριν από το δεκτικό σάκο συγκλίνει στο ότι ο σάκος είναι κάποια μορφή πρωτόγονου ή περιττού στομαχίου. Διοχετεύεται λοιπόν η τροφή στο έντερο φέρνοντας ένζυμο από τη χοληδόχου κύστη (**gall bladder**) και το πάγκρεας σχεδόν αμέσως μετά τον οισοφάγο (**Εικόνα 1α και 2α**). Το μίγμα τροφής και ενζύμων παραμένει στο διεσταλμένο δεκτικό σάκο (Anonymus 2005). Σε πειράματα έχει αποδειχθεί ότι τα ποσοστά αύξησης πέψης και ενζυμικής δράσης επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Αποδείχτηκε λοιπόν από τους Bondi και Spandorf (1953) ότι αυξάνοντας τη θερμοκρασία του μίγματος πέψης από 25 °C σε 38 °C αυτό προκάλεσε μια χαρακτηριστική αύξηση και στο ποσοστό πέψης της καζεΐνης από το πάγκρεας στον κοινό κυπρίνο. Στον φυτοφάγο κυπρίνο, η δραστηριότητα της τριψίνης ήταν ισχυρότερη στο έντερο απ' ό,τι στο πάγκρεας (Smith 1980). Γενικότερα, η μέγιστη πρωτεολυτική δραστηριότητα στον κοινό κυπρίνο παρουσιάζεται σε θερμοκρασία 35°C και αυξάνεται ανάλογα του επιπέδου των προσλαμβανόμενων πρωτεϊνών κατ' εκτίμηση (Παπουτσόγλου 2004). Επιπλέον κατά τη σύγκριση των εντέρων των παμφάγων ψαριών με τα σαρκοφάγα ψάρια, εκείνα των παμφάγων ψαριών είναι πάντα μακρύτερα δεδομένου ότι οι διατροφές τους είναι χαμηλότερες σε πρωτεΐνη που απαιτεί μια αποδοτική πέψη και απορρόφηση ώστε να λάβουν ικανοποιητικές θρεπτικές ουσίες (**Εικόνα 2α**). Ο χρόνος διέλευσης των τροφών από το έντερο, στον κυπρίνο, μπορεί να κυμανθεί από 16 ώρες στους 25 °C μέχρι 60 ώρες στους 12

°C (Anonymus 2005).

### *Πέψη αμινοξέων*

Δέκα αμινοξέα έχουν προσδιοριστεί ως δομικά για την αύξηση του κυπρίνου (National Research Council US 1977). Αυτά κατά την διεθνή βιβλιογραφία είναι η αργινίνη, η ιστιδίνη, η ισολευκίνη, η λευκίνη, η μεθειονίνη, η λυσίνη, η φαινυλαλανίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη και η βαλίνη (National Research Council US 1977, Jhingran *et al* 1985, Παπουτσόγλου 2004). Συγκριτικά αποτελέσματα διαφόρων εργασιών μπορούν να αναδείξουν την αναγκαιότητα των αμινοξέων στην διατροφή του κυπρίνου. Η απορρόφηση αμινοξέος από το σιτηρέσιο σόγιας ήταν πολύ χαμηλότερη στον κοινό κυπρίνο από αυτή που βρέθηκε σε άλλα ψάρια όπως της ιριδίζουσας πέστροφας, του γατόψαρου, του χορτοφάγου κυπρίνου καθώς επίσης και στο χοίρο (National Research Council US 1983). Η απαίτηση έτσι για αργινίνη στον κυπρίνο είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή του χοιριδίου και του αρουραίου αλλά είναι μόνο κατά τα δύο τρίτα από αυτή νεαρού του σολομού και των νεοσσών σε κοτόπουλα. Ο κυπρίνος λοιπόν απαιτεί 3.1 % μεθειονίνης στην πρωτεΐνη των τροφών τους ελλείπει κυστίνης και 2.3 % παρουσία 5.2 % σε κυστίνη στη πρωτεΐνη των τροφών. Η απαίτηση του κυπρίνου σε μεθειονίνη είναι υψηλότερη από αυτή νέου σολομού και επίσης χαμηλότερη από αυτή του χελιού. Σε ισολευκίνη και λευκίνη οι απαιτήσεις του νέου κυπρίνου είναι αρκετά παρόμοιες με εκείνες του σολομού (National Research Council US 1977). Επισημαίνεται ακόμη ότι η απορρόφηση των αμινοξέων μπορεί να επηρεαστεί από την χημική σύσταση του σιτηρεσίου, το επίπεδο και την προέλευση των πρωτεϊνών και την πρακτική της τροφής. Αναφέρεται ως παράδειγμα η διαθεσιμότητα των αμινοξέων σε φυτικής προέλευσης (ψυχανθή, δημητριακά) κριθαριού και σίτου είναι υψηλότερες στην αργινίνη και μικρότερη στην βαλίνη (Παπουτσόγλου 2004). Ακόμη η προφανής απορρόφηση διάφορων ουσιαστικών αμινοξέων ήταν η υψηλότερη στο πρώτο 20% του εντέρου των κυπρίνων σε λυσίνη 51.0%, σε αργινίνη 50.2%, σε τυροσίνη 52.5% και σε φαινυλαλανίνη 47.7%, περίπου 3 ώρες μετά από σίτιση ιχθυαλεύρου (National Research Council US 1983). Τροφές ανεπαρκείς σε οποιαδήποτε από τα δομικά αμινοξέα οδηγούν σε πτώση της όρεξης και της μείωσης βάρους. Η άμεση αντικατάσταση του αμινοξέος οδηγεί στην αποκατάσταση της όρεξης και της αύξησης (National Research Council US 1977).

### *Πέψη λιπαρών οξέων*

Τα λιπίδια είναι γενικά ενώσεις που ορίζονται σε μια ομάδα λιποδιαλυτών ενώσεων που βρίσκεται στους ιστούς των φυτών και των ζώων και είναι ευρέως ταξινομημένος όπως: α) **τα λίπη** β) **τα φωσφολιπίδια** γ) **τις σφυγκομυελίνες** δ) **τα κεριά** και ε) **τις στερόλες**. Τα λίπη, είναι οι εστέρες λιπαρού οξέος της γλυκερίνης και είναι οι αποθήκες αρχικής ενέργειας των ζώων (Γεωργάτσος 2006). Τα ψάρια έχουν τη μοναδική ικανότητα να μεταβολίσουν αυτές τις ενώσεις εύκολα και κατά συνέπεια μπορούν να υπάρξουν για μεγάλες περιόδους του χρόνου υπό τους όρους της στέρησης τροφής (Halver 1980). Τα λιπίδια διαδραματίζουν σημαντικούς ρόλους στη διατροφή των κυπρίνων ως πηγές ενέργειας, τα φωσφολιπίδια και τα στεροειδή ως συστατικά ζωτικής σημασίας των

οργάνων.(National Research Council US 1977) είναι τα δομικά εκείνα συστατικά που κτίζουν ιστούς (Jhingran *et al* 1985). Τα λιπίδια είναι επίσης σημαντικά στην ενίσχυση της γεύσης και τις ιδιότητες στην υφή της τροφής που καταναλώνεται από τα ψάρια, καθώς επίσης ενισχύουν παρόμοιες ιδιότητες στα ίδια τα ψάρια (National Research Council US 1983). Το μεγαλύτερο ποσοστό των λιπών στις τροφές έως 90% αποτελείται από τριγλυκερίδια (Γεωργάτσος 2005). Τα χολικά άλατα με την λεκιθίνη που παράγονται στο συκώτι και είναι αποθηκευμένα στις χοληδόχους κύστες λειτουργούν ως γαλακτωματοποιητές των τριγλυκεριδίων (Ζέρβας 2004). Δρά με παρόμοιο τρόπο όπως ένα απορρυπαντικό, σε συνέργεια με τις περισταλτικές κινήσεις του εντέρου, που σπάει τα μεγαλύτερα λιπίδια σε μικρότερα σταγονίδια υδρολύοντάς τα έτσι σε μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια δημιουργώντας μια μεγαλύτερη περιοχή επιφάνειας στο έντερο, εκθέτοντάς τα στην πέψη από τις λιπάσες και στην απορρόφηση (Anonymus 2005, Γεωργάτσος 2005). Το λίπος υδρολύεται από το ένζυμο λιπάση του παγκρέατος (που δρα στις ενδοεπιφάνειες του λίπους) σε λιπαρά οξέα και γλυκερίνη. Αυτά απορροφώνται μετά από την πέψη από το λεπτό έντερο (Κάτανος 2005). Η εστεράση, ένα ένζυμο που χωρίζει ορισμένες ενώσεις λιπιδίων όπως τα φωσφολιπίδια, τη χοληστερόλη, τους κήρους, και άλλα. Η εστεράση έχει αναφερθεί στο στομάχι, στα πλωρικά τυφλά, και το έντερο ορισμένων ψαριών (National Research Council US 1977). Ωστόσο τα κυριότερα είδη λίπους που ενδιαφέρουν τα ψάρια από άποψη σημαντικότητας στην διατροφή τους είναι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA). Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) είναι πρόδρομοι των προσταγλαδινών στα ψάρια (National Research Council US 1983). Τέτοια λιπαρά είναι αυτά των σειρών  $\omega$ -3 και  $\omega$ -6 και ελλείψει αυτών στην διατροφή δίνουν σειρά συμπτωμάτων όπως συνδρόμου λιπώδους ήπατος σε συνδυασμό με υψηλή κατανάλωση με υδατάνθρακες (Jhingran *et al* 1985). Εντούτοις, η σύνθεση λιπαρού οξέος των ψαριών λιμνών μπορεί να ποικίλει αρκετά και έντονα εξαρτάται από αυτό των ληφθεισών τροφών. Η εισαγωγή αυτών των  $\omega$ -6 και λιπαρών οξέων PUFA στη διατροφή των ειδών υδατοκαλλιέργειας όχι μόνο θα επηρεάσει τα θρεπτικά αιτήματα αυτών των ζώων, αλλά έχει επιπτώσεις επίσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά σάρκας τους (Glencross 2009). Οι έρευνες στη σύνθεση λιπαρού οξέος στον μυϊκό ιστό του κοινού κυπρίνου (*Cyprinus carpio*) και του γληνιού (*Tinca tinca*) έχουν καταδείξει, ότι σε φυσικό περιβάλλον, για την πρόσληψη λιπαρών οξέων της  $\omega$  σειράς, ο κυπρίνος που έλαβε μόνο από τα φυσικά τρόφιμα εξέθεσε το υψηλότερο περιεχόμενο σε  $\omega$ -3 και  $\omega$ -6 λιπαρών οξέων στους μύες σε σχέση με τον κυπρίνο που έλαβε συμπληρωματικό σιτηρέσιο με λιπαρά οξέα σε αντίθεση με το γληνί (Steffens & Wirth 2007). Τέλος οι εμπορικές τροφές για τον κυπρίνο για χρήση στις υψηλές θερμοκρασίες άνω των 20° C μπορούν να περιέχουν από 10 έως 15% λίπους, ενώ χαμηλότερα επίπεδα λίπους χρησιμοποιούνται στις τροφές, σε θερμοκρασίες κάτω των 20° C (National Research Council US 1977).

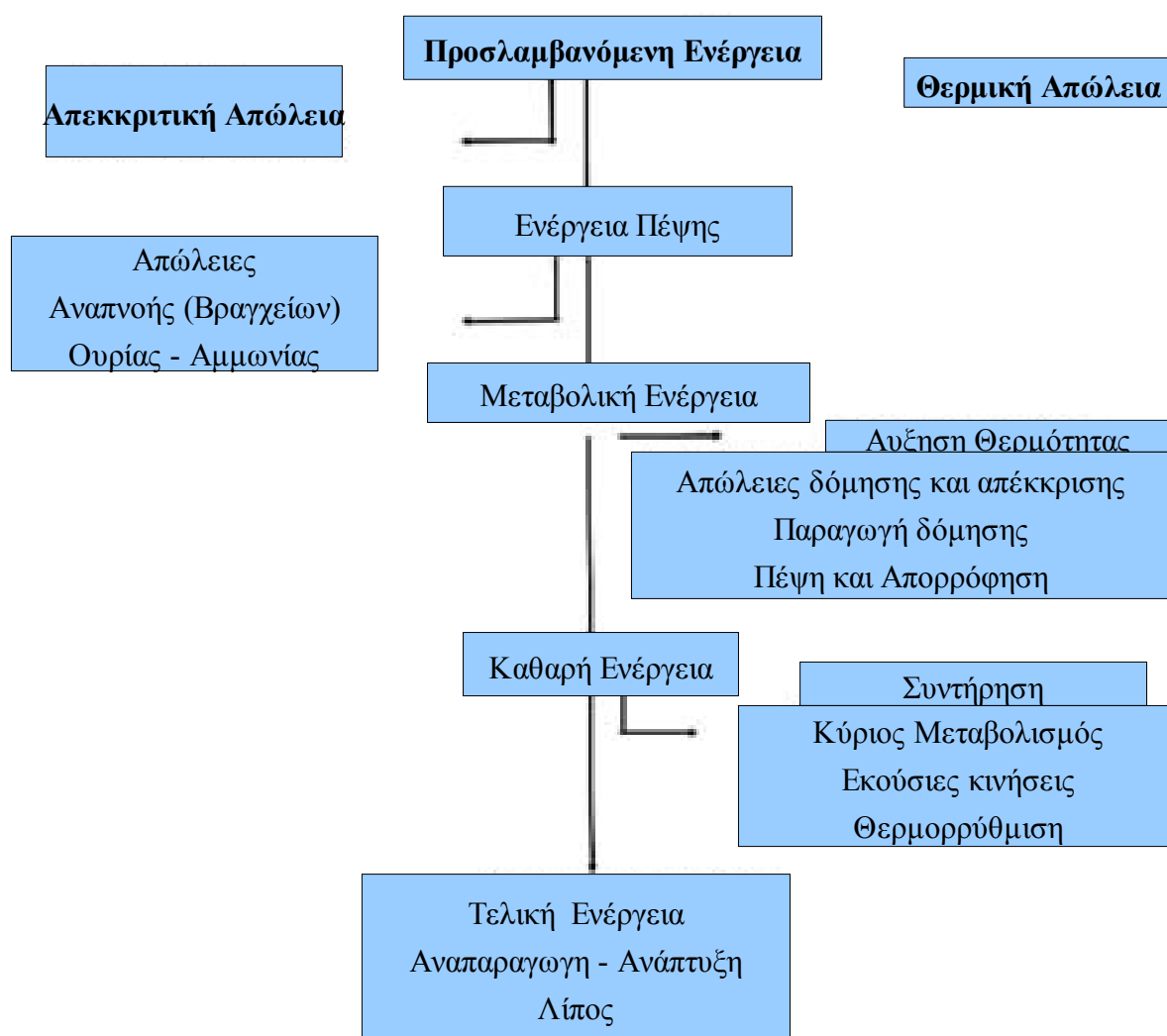
### *Πέψη υδατανθράκων*

Στην ανθρώπινη πέψη η πράξη του μασήματος, της μυρωδιάς και της όψης των τροφίμων υποκινεί τον υποθάλαμο ώστε στο στόμα να παραχθεί σάλιο (Ασπιώτης 1981). Το σάλιο περιέχει το ένζυμο (σιελογόνος αμυλάση) που διαλύει το αδιάλυτο άμυλο και τους υδατάνθρακες σε

διαλυτές ζάχαρες. Στο υδρόβιο περιβάλλον δεν είναι πρακτικό για τον κυπρίνο να εκκριθεί η σιελογόνος αμυλάση στο βαθμό που εκκρίνεται άμεσα στο έντερο από τον εντερικό βλεννογόνο. Το άμυλο αρχικά υδρολύεται από την α-αμυλάση του παγκρέατος προς μαλτόζη, μαλτοτριόζη και οριακές δεξτρίνες οι οποίες υδρολύονται προς γλυκόζη από την μαλτάση του εντέρου (Ζέρβας 2004). Όσον αφορά την αμυλάση, η δραστηριότητα της παρουσιάζεται υψηλότερη σε παμφάγα είδη από τα σαρκοφάγα (Hidalgo *et al* 1999). Η δραστηριότητα ωστόσο της αμυλάσης σε πέστροφα και κυπρίνο εμποδίζεται έντονα από το αλεύρι σίτου, ένα σημαντικό συστατικό των σύνθετων διατροφών. Οι ανασταλτικοί παράγοντες αμυλάσης του σίτου μπορούν έτσι να μειώσουν την πεπτικότητα του αμύλου στα ψάρια, ιδιαίτερα στον κυπρίνο (Hofer 1985). Τα διαλυτά σάκχαρα στη συνέχεια απορροφώνται άμεσα από το έντερο και εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος (Παπουτσόγλου 2004). Η ασθένεια "**Sekoke**" έχει χαρακτηριστεί ως μια μορφή διαβήτη στον κυπρίνο. Οι σημαντικότερες μεταβολικές πτυχές αυτής της ασθένειας είναι η υπεργλυκαιμία, η μειωμένη ανοχή γλυκόζης, η γλυκοζουρία και η οξέωση η οποία είναι παρόμοια με τον κλασσικό διαβήτη. Μελέτες για την αιτία της ασθένειας δείχνουν ότι μπορεί να οφείλεται σε μια ορμονική δυσαναλογία (hydrocortisone) καθώς επίσης και σε ανεπάρκεια ινσουλίνης (National Research Council US 1977). Πειράματα σε κοινό κυπρίνο (Nagai & Ikeda 1971a, Nagai & Ikeda 1971b, Nagai & Ikeda 1972) έδειξαν μεταβολική αδυναμία για την μετατροπή αυτή της γλυκόζης σε γλυκογόνο αφού ομάδα που διατράφηκε με σιτηρέσιο αυξημένων υδατανθράκων ακόμα και μετά από διάστημα 8 ωρών παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα ηπατικού γλυκογόνου σε σύγκριση με ομάδα που διατράφηκε με τροφή χαμηλή σε υδατάνθρακα. Εντούτοις ένα πολύ μικρό ποσοστό του ηπατικού αυτού γλυκογόνου ήταν υδατανθρακικής προέλευσης, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό είναι πρωτεϊνικής προέλευσης (γλυκονογένεση από αμινοξέα), ενώ οι υδατάνθρακες της τροφής χρησιμοποιήθηκαν για άμεση παραγωγή ενέργειας (Εικόνα 2α) (κύκλος τρικαρβοξυλικών οξέων). Ακόμα, γενικά στα ψάρια η πεπτικότητα των υδατανθράκων σε υψηλά επίπεδα στην διατροφή μειώνεται. Ωστόσο αυτή η σχέση είναι λιγότερο αξιοπρόσεκτη στον κυπρίνο αφού σε τροφή που ταίσθηκε με υψηλό ποσοστό σε πρωτεΐνες και χαμηλό σε υδατάνθρακες η λιπογένεση αυξήθηκε σε σύγκριση με τροφή υψηλού ποσοστού σε υδατάνθρακες (Hepper 1988). Όμοια έχει αποδειχθεί και σε πειράματα σε τιλάπια και σε γατόψαρο όπου η πεπτικότητα ξεπερνά το 70% της ολικής ενέργειας σε άμυλο (National Research Council US 1993). Τέλος, η πεπτικότητα του υδατάνθρακα βαίνει μειούμενη σε σχέση με την πολυπλοκότητα της μοριακής του δομής (National Research Council US 1977). Οι δραστηριότητες των αμυλογλυκοσιδάσεων, ενζύμων που καταλύουν τους εσωτερικούς δεσμούς του γλυκογόνου (Γεωργάτσος 2005), σε κυπρίνους βρέθηκαν για να είναι διαδεδομένες μεταξύ των λαχνών του εντέρου σε όλο το έντερο και κυρίως στο λεπτό μέρος (Fraisie *et al* 1981). Τα παραπάνω λοιπόν στοιχεία καταδεικνύουν ότι ο κυπρίνος χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες κατά προτίμηση από τις πρωτεΐνες και το λίπος για τη μεταβολική του ενέργεια (Hepper 1988).

Οι υδατάνθρακες απορροφώνται ως απλά σάκχαρα από τα ψάρια. Έτσι, η πεπτικότητα κυμαίνεται από 100% για τη γλυκόζη και στο 5% για το ακατέργαστο άμυλο ή 5-15% για το φυτικό ιστό που περιέχει συνήθως την κυτταρίνη (Smith 1980). Σε αυτό βοηθά, ιδιαίτερα σε άτομα πάνω των 500gr και η ενίσχυση της ενζυμικής ικανότητας λόγω των βακτηριακών πληθυσμών οι οποίοι

εισέρχονται στον πεπτικό σωλήνα με την προσλαμβανόμενη τροφή είτε προϋπάρχουν σε αυτόν. Η πεπτικότητα των παραπάνω στοιχείων εξαρτάται από την ηλικία και τη θερμοκρασία του νερού. Έτσι, πχ. η αμυλολυτική ικανότητα αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας του κυπρίνου ενώ βαίνει μειούμενη λόγω θερμοκρασίας (Παπουτσόγλου 2004). Η δραστηριότητα της αμυλάσης σε πέστροφα και κυπρίνο εμποδίζεται επίσης έντονα από το σιτάλευρο, ένα σημαντικό συστατικό των σύνθετων τροφών στα ψάρια. Οι ανασταλτικοί παράγοντες της αμυλάσης του σίτου μπορούν να μειώσουν την πεπτικότητα του αμύλου, ιδιαίτερα στον κυπρίνο. Η επίδραση των ανασταλτικών παραγόντων αμυλάσης αναπτύσσεται περισσότερο στον παμφάγο κυπρίνο απ' ό,τι στη σαρκοφάγο πέστροφα παρόλο που αναπτύσσει κατά 10-30 φορές χαμηλότερη δραστηριότητα της αμυλάσης λόγω του ότι η δραστηριότητα αμυλάσης της πέστροφας ανακτάται σχεδόν τελείως από τη πρωτεολυτική υδρόλυση των ανασταλτικών παραγόντων κατά τη διάρκεια της πεπτικής διαδικασίας (Hofer 1985).

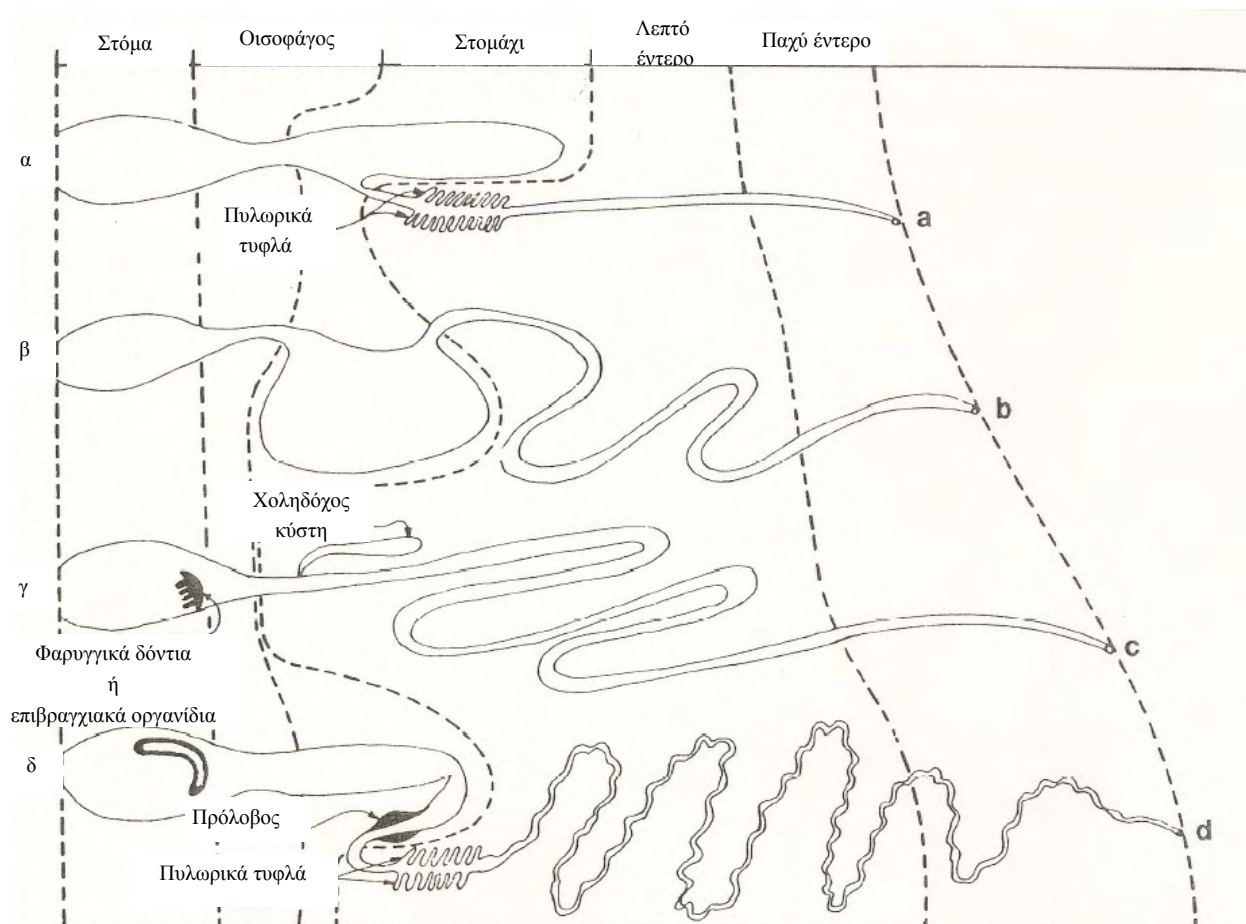


**Εικόνα 2α.** Μονοπάτια Ενέργειας στο μεταβολισμό των ψαριών.

**Πηγή:** NRC US 1993

## Απέκκριση

Πριν από την παραγωγή των περιττωμάτων και την εκκένωση η τελική απορρόφηση πραγματοποιείται στην οπίσθια περιοχή του εντέρου (Ζέρβας 2004). Περαιτέρω προς την έδρα το έντερο είναι παρόμοιο στη δομή με τον οισοφάγο που παρουσιάζει παχύτερα τοιχώματα συνδετικού ιστού και πυκνά βλενώδη εκκριτικά κύτταρα (Stevens *at al* 2005). Αυτό βοηθά στο σχηματισμό, τη μετάβαση και την έξοδο του περιττωματικού υλικού. Στη φύση, ένα σημαντικό ποσοστό του περιττωματικού υλικού είναι αδρανές ανόργανο υλικό καμίας διατροφικής αξίας που λαμβάνεται ακούσια με την τροφή σκαλίζοντας κυρίως το βένθος των λιμνών (Ανώνυμος 2006). Τα ψάρια των οποίων οι τροφές περιέχουν υψηλά επίπεδα του άπεπτου έρματος, π.χ. κοινών κυπρίνων όταν ταϊστούν με ένα μίγμα λάσπης και εγκαταστάσεων, παρουσιάζουν πιθανώς ελάχιστη αλλαγή στην εμφάνιση ή τον όγκο των τροφίμων τους ενώ περνά μέσω του εντέρου (Smith 1980).



**Εικόνα 3α.** Τυπικό διάγραμμα πεπτικού συστήματος διαφόρων ψαριών εσωτερικών υδάτων κατά σειρά:

**α)** Πέστροφας (άγρια) - Σαρκοφάγο **β)** Γατόψαρο - παμφάγο **γ)** Κυπρίνου - Παμφάγο

**δ)** Milkfish – Πλανγκτονοφάγο. **Πηγή:** Smith 1980.



### 3.3. Ασθένειες

Ο κυπρίνος είναι ανθεκτικός στις ασθένειες σε όλα τα στάδια της ζωής του. Οι ασθένειες και τα παθολογικά προβλήματα που έχουν παρατηρηθεί συνήθως είναι η *Saprolegnia sp.* κατά την διάρκεια της επώασης των ωαρίων, οι παρασιτικές ασθένειες στο στάδιο του γόνου που οφείλονται στα είδη των γενών *Costia sp.*, *Trichondina sp.*, *Dactylogyrus sp.* κ.λ.π., ενώ πιο σπάνια εμφανίζονται ασθένειες βακτηριακής ή ιογενούς αιτιολογίας. Σε υποβαθμισμένο όμως περιβάλλον και σε περιοχές με λίγη τροφή και χαμηλές θερμοκρασίες, πολλές ασθένειες εμφανίζονται και είναι ιδιαίτερα απειλητικές, προκαλώντας μαζικούς θανάτους. Έχουν ταυτοποιηθεί σε πολλές περιοχές, βακτήρια του γένους *Aeromonas sp.* και παράσιτα του γένους *Ichthyophthirius sp.* κ.α. (Ευσταθίου 2002). Σύμφωνα λοιπόν με τον FAO οι παρακάτω ασθένειες και παρασιτικά νοσήματα έχουν διαπιστωθεί στους κυπρίνους σε παγκόσμια κλίμακα.

#### Ιογενή νοσήματα

Ανοιξιάτικη Ιαιμία του Κυπρίνου, Spring Viraemia of Carp (*Rhabdovirus carpio*)  
Ερπητοϊός των Κόι, Koi Herpes Virus Disease (KHV) (*Herpes type virus*)  
Φλυκταινώδης νόσος κυπρίνων, Carp pox (*Herpes type virus*)

#### Βακτηριογενή νοσήματα

Gram +

Ερυθροδερματίτιδα κυπρίνων-ασθένεια ελκών, Carp erythrodermatitis - ulcer disease (*Aeromonas salmonicida achromogenes*)  
Στηλώδης νόσος, Columnaris disease (*Flexibacter columnaris*)  
Βακτηριακή νόσος των βραγχίων, Bacterial gill disease (*Flavobacterium branched*)

Gram -

Μυκοβακτηριώσεις, Mycobacteriosis (*Mycobacterium spp.*)

#### Παρασιτικά νοσήματα

Πρωτόζωα

Εκτοπαράσιτα

Κοστιώση, Costiosis (*Ichthyobodo spp.*)  
Χιλιδονέλλωση, Chilodonellosis (*Chilodonella spp.*)  
Τριχοδίνωση, Trichodinosis (*Trichodina spp.*)  
Ιχθυοφθυρίαση, Ichthyophthiriosis (*Ichthyophthirius multifiliis*)

Ενδοπαράσιτα

Κοκκιδίωση, Coccidiosis (*Eimeria spp.*)

## Μυξόζωα

Μυξομπόλλωση, Myxobolosis (*Myxobolus spp.*)

## Μονογενή

Δακτυλογύρωση, Dactylogyrosis (*Dactylogyrus spp.*)

Γυροδακτύλωση, Gyrodactylosis (*Gyrodactylus spp.*)

## Τριματώδη

Διπλοστόμωση, Diplostomosis (*Diplostomum spp.*)

Φωστοδιπλοστόμωση, Phosthodiplostomosis (*Phosthodiplostomum spp.*)

Σαγκουινικολίλλωση, Sanguinicoliasis (*Sanguinicola spp.*)

## Κεστώδη

Λιγούρωση, Ligulosis (*Ligula intestinalis*)

Βοθριοκεφάλωση, Bothriocephalosis (*Bothriocephalus acheilognathi*)

Khawiosis - προσβολή κεστοειδών σκωλήκων,

Khawiosis - tapeworm infestation (*Khawia sinensis*)

## Νηματώδη

Φυλομέτρωση, Phylometrosis (*Phylometra spp.*)

## Ανιλλίδες - Δακτυλιοσκώληκες

Προσβολή σκωλήκων, Fish Leech infestation (Οικ. Piscicolidae)

## Αρθρόποδα

Εργασίλωση, Ergasilosis (*Ergasilus spp.*)

Λερναίωση, Lernaeosis (*Lernaea spp.*)

Αργίλωση, Argulosis (*Argulus spp.*)

## Νοσήματα που οφείλονται σε μύκητες

Σαπρολέγνια, Saprolegniosis (*Saprolegnia spp.*)

Βραγχιομύκωση - αποσύνθεση βραγχίων,

Branchiomycosis - gill rot (*Branchiomyces sanguinis*)

Πηγή: [http: 5](http://)

## Διατροφικά νοσήματα

Ασθένεια Λιπώδους Ήπατος, Liver Lipoid disease

## Περιβαλλοντικά νοσήματα

Νόσος των αερίων και αυτοτοξίκωση από αμμωνία, Gas disease (Πάσχος 2004)

### 3.4. Ασθένεια Λιπώδους Ήπατος (Liver Lipoid disease)

#### *Αίτια της ασθένειας λιπώδους ήπατος (Στεάτωσις)*

Η λιπώδης εκφύλιση του ήπατος ή στεάτωση είναι νόσος απόλυτα συνδεδεμένη με τη διατροφή και κυρίως στην περίπτωση που χορηγούμε μεγάλη ποσότητα λιπαρών ουσιών (Φώτης 2003) και στην αυτοξειδωση αυτών (Lim 2001) μετά από παρατεταμένη αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες (Woo *et al* 2002). Αυτή προκαλεί υψηλές ποσότητες σε ελεύθερες ρίζες, υπεροξειδία, αλδεύδες και κετόνες που προκαλούν τοξικότητα στο ψάρι και το κάνουν να αντιδρά στην όποια πρόσληψη και αλλαγή στην διατροφή (Roberts 2001, Lim 2001). Ωστόσο και η ανεπαρκής περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά των τροφών σε σύμπηκτα (pellets) που χρησιμοποιούνται ευρέως τη δεκαετία του 80' κατά τους (Lin Ding *et al* 1989) στην Κίνα για τον φυτοφάγο κυπρίνο (*Ctenopharyngodon idella*) οδήγησε επίσης στον εκφυλισμό του ήπατος. Επίσης μερικώς ρόλο παίζει και η υψηλή κατανάλωση υδατανθράκων στην τροφή (Jhingran 1985). Στην τροφή θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα λιπαρών οξέων όπως το λινολεϊκό οξύ (Φώτης 2003) και λόγω της έλλειψής του στην τροφή η ασθένεια έχει παρουσιαστεί σε πολλά είδη συμπεριλαμβανομένου και του ινδικού κυπρίνου (*Catla catla*) (FAO 1985).

#### *Συμπτώματα και διάγνωση*

Τα ασθενή ψάρια παρουσιάζουν μειωμένη κινητικότητα έως ακινητοποίηση, σκούρο χρωματισμό δέρματος, εξοφθάλμιο (αμφοτερόπλευρο συνήθως), καχεξία, διόγκωση κοιλιακής χώρας λόγω εντερικής συμφόρησης, (Φώτης 2003) αποχρωματισμό βραγχίων, σκελετική μυοπάθεια (Roberts 2001) και αποστροφή στην πρόσληψη τροφής (Woo *et al* 2002). Σε περαιτέρω εξέταση το προφανές σημάδι που προέρχεται από την καταστροφή των ερυθρών κυττάρων του αίματος (ευθραυστότητα) με εκδήλωση αναιμίας (Roberts 2001, Lin Ding *et al* 1989) και το μεγάλο, εύθρυπτο, χλωμό συκώτι λόγω της μακροφουσσαλιδώδους κίρρωσης είναι χαρακτηριστικά με την μικροσκοπική νεκροσκοπική εξέταση (Woo *et al* 2002). Άλλα κλινικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι ότι ο ηπατοσωματικός δείκτης (αναλογία του συκωτιού στο βάρος σώματος) υπερβαίνει το 3% και η περιεκτικότητα σε λίπος να υπερβαίνει το 5% (Lin Ding *et al* 1989). Η ακραία διήθηση των ηπατοκυττάρων από λίπος οδηγεί στη διόγκωση των κυττάρων συκωτιού, την αύξηση των σταγονιδίων λιπιδίων στο κυτταρόπλασμα και την εξάρθρωση του πυρήνα, της απώλειας κυτταροπλάσματος που μεταβάλλεται σε λιπώδη μάζα (Φώτης 2003) και των αυξανόμενων δραστηριοτήτων σε **GOT** (glutamic-oxaloacetic transaminase) και **GPT** (Glutamic-pyruvic transaminase) (πρόκειται για τρανσαμινάσες που καταδεικνύουν την ικανότητα σωστής λειτουργίας του ήπατος) στον ορό του αίματος. Ο εκφυλισμός του λιπώδους συκωτιού στον κυπρίνο μπορεί να διαιρεθεί σε τρία στάδια: 1) **την απόθεση του λίπους στο συκώτι** 2) **τη διήθηση λίπους του ηπατικού παρεγχύματος** 3) **την ατροφία στο πυρήνα του ήπατος**. Οι αιτίες της λιπώδους εκφύλισης του ήπατος είναι πολυάριθμες, αλλά η κύρια αιτία είναι η δυσαναλογία των θρεπτικών ουσιών στην καθημερινή τροφή και στην δράση μερικών λιποτροπικών ουσιών (Lin

Ding *et al* 1989). Διάφορα ένζυμα που ρυθμίζουν τα λίπη παρουσιάζουν ποικίλες συγγένειες για τα διαφορετικά λιπαρά οξέα διαθέσιμα στο ήπαρ και έτσι οι δυσαναλογίες στα διαιτητικά λιπαρά οξέα θα μπορούσαν να τροποποιήσουν τη λειτουργία και τη μορφολογία του ήπατος (Caballero *et al* 2004). Εν κατακλείδι, η στεάτωση στο ήπαρ (*vacuolization*) έχει παρατηρηθεί να συνδέεται με τις θρεπτικές δυσαναλογίες, την αύξηση στο διαιτητικό λιπίδιο, την ουσιαστική ανεπάρκεια λιπαρού οξέος καθώς και στη χρήση φυτικών ελαίων στα ψάρια υδατοκαλλιέργειας (Yilmaz 2006). Τα αποτελέσματα μελέτης του Caballero κ.α. (2004) πρότειναν ότι ο τύπος δευτερεύοντος λιπαρού οξέος, χαρακτηριστικό των φυτικών ελαίων, προκαλεί την εμφάνιση της στεάτωσης με την ακόλουθη σειρά: λινελαϊκό οξύ > λινολενικό οξύ > ελαϊκό οξύ. Ακόμη παρατηρούνται υποβαθμίσεις και σε άλλα ζωτικά όργανα και σε περιπλαχνικές θέσεις (Φώτης 2003). Σύμφωνα με τον Roberts (2001) παρατηρούνται αναγέννηση του σπληνός και του νεφρικού αιμοποιητικού ιστού με υψηλά επίπεδα μελανοκυττάρων.

### *Αντιμετώπιση - Θεραπεία*

Η ασθένεια, όταν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα, προκαλεί την συχνά απροσδόκητα, μεγάλης κλίμακας θνησιμότητα. Η εκτενής αντικατάσταση των κυττάρων συκωτιού από το λίπος με συνέπεια την καταστροφή του παρεγχύματος, προκαλεί τη θνησιμότητα (FAO 1985). Τα συμπτώματα μπορούν να ανακουφιστούν με την προσθήκη της **α-τοκοφερόλης** (βιταμίνης E) ως αντιοξειδωτικό στις τροφές που περιέχουν ιχθυάλευρα (Halver 1980). Η προσθήκη της βιταμίνης E αποτρέπει την τοξική ουσία ή τα αρνητικά αποτελέσματα του ιδιαίτερα οξειδωμένου ελαίου στην τροφή των κυπρίνων (Lim 2001). Εντούτοις, οι αλλαγές στο ήπαρ που βρίσκονται κατά τη διάρκεια πειραματικών περιόδων με φυτικά έλαια είναι αντιστρέψιμες όταν επαναταΐζονται τα ψάρια με μια πιο ισορροπημένη διατροφή, δείχνοντας έτσι το μη παθολογικό χαρακτήρα των ιστολογικών αλλαγών (Caballero *et al* 2004). Ακόμα τόσο η νηστεία όσο και η επεξεργασία της τροφής με φενοφιβράτες μείωσε τις συγκεντρώσεις TAG (triacylglyceride) και χοληστερόλης στο πλάσμα, τα συνολικά λιπίδια ολόκληρου του σώματος και του ήπατος συμπεριλαμβανομένου του περιεχομένου σε EPA και DHA στους ιστούς (Du *et al* 2008). Επίσης η αλλαγή της τροφής και τα αντιβιοτικά με χορήγηση οξυτετρακυκλίνης για δεκαήμερο (75 mg/kg ζωντανού σωματικού βάρους) καταπολεμούν την ασθένεια (Φώτης 2003).

## 3.5. Σιτηρέσια

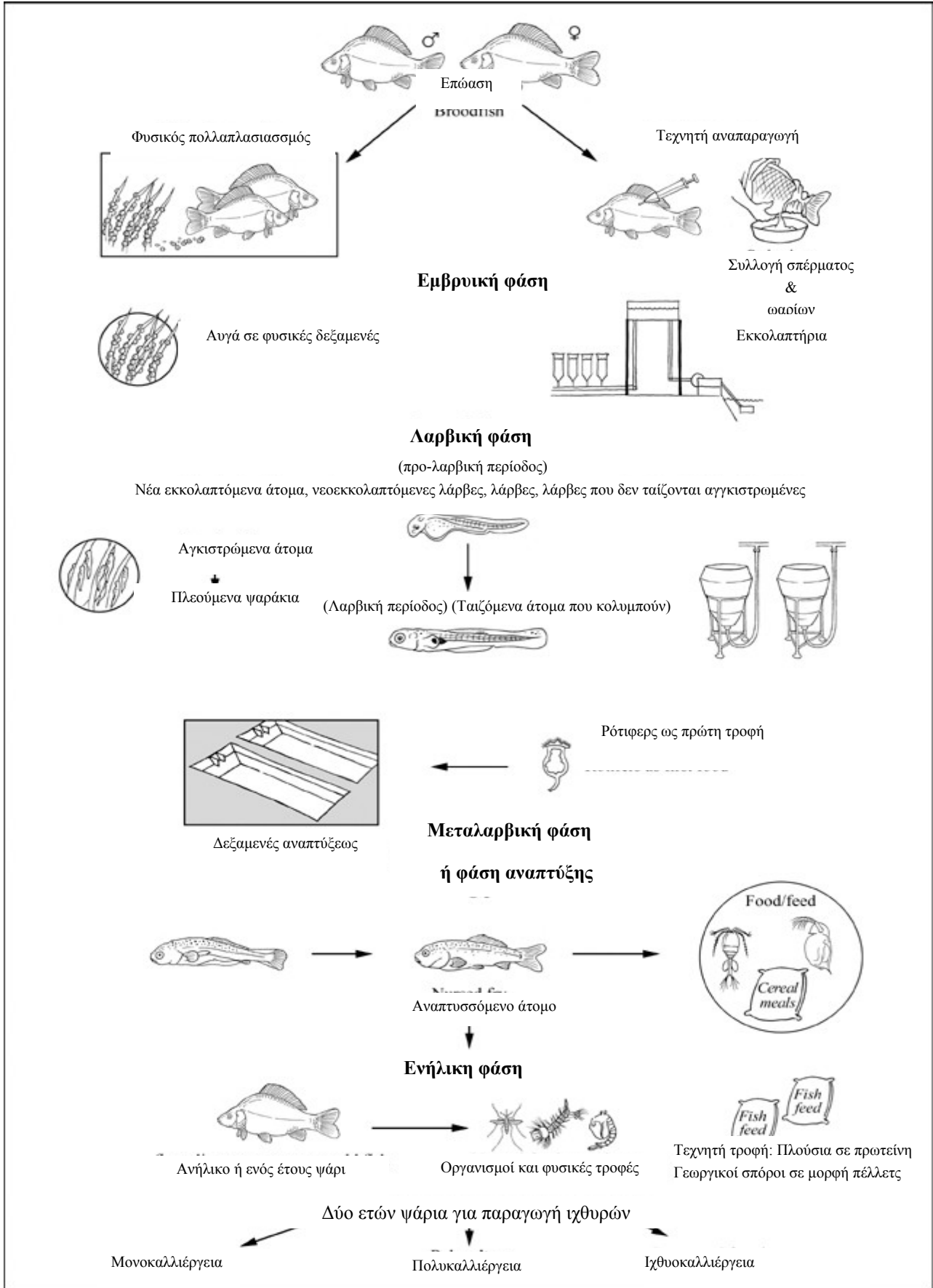
### *Σιτηρέσια ιχθυοτροφών κυπρίνου (Εναρκτήρια)*

Οι ιχθυοτροφές είναι οι ζωντανές ή όχι, πρώτες ύλες βιομηχανικής ή όχι προελεύσεως που μπορούν να χορηγηθούν σε εκτρεφόμενους πληθυσμούς ιχθύων (Παπουτσόγλου 2008). Σε προνυμφικό στάδιο το ψάρι καταναλώνει από τα αποθέματά του μετά την εκκόλαση (Χώτος 2005). Στο νυμφικό ο οργανισμός εξαρτούμενος από το περιβάλλον όπως οι δεξαμενές (ponds) βρεφικών

σταθμών πρέπει να προετοιμαστούν και να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ενός πληθυσμού *rotifer*, δεδομένου ότι αυτό αποτελεί την πρώτη ύλη σίτισης (Σχήμα 8α). Ζωοπλαγκτόν και φυτοπλαγκτόν αποτελούν στη συνέχεια τα πρώτα γεύματα αναλόγου μεγέθους σε εξωτερικό περιβάλλον ή πλήρη τρόφιμα εκκινήτων (π.χ. οι ζύμες αρτοποιίας) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κλειστά ή μη κυλώματα (FAO 1985). Έτσι νύμφες κυπρίνων σε μέση θερμοκρασία ύδατος  $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$  βρέθηκαν να απαιτούν το 200-250% του βάρους των σωμάτων τους σε *Artemia nauplii* ανά ημέρα για τη βέλτιστη μετατροπή αύξησης (Bryant *et al* 1980). Μόλις οι νύμφες αρχίζουν να τρέφονται δραστήρια και φτάσουν ένα βάρος 0,50–0,75 g, μπορούν να μεταπηδήσουν από την τροφή εκκίνησης σε μια τροφή για νεαρά ιχθύδια. Παραδοσιακά, οι ξηρές τροφές για νεαρά ιχθύδια παράγονται από θρυμματισμένους συμπυκνωμένους κόκκους και κοσκίνισμα κόκκων σε κατάλληλο μέγεθος (Καραπαναγιωτίδης 2009). Για να ελαχιστοποιήσουν τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα στο περιβάλλον (**ευτροφισμός**) και να αυξήσουν την αποδοτικότητα τροφών, οι περισσότερες εμπορικές τροφές των ψαριών υποβάλλονται σε επεξεργασία ώστε να είναι σταθερές στο νερό, ενός μεγέθους και μιας σύστασης ισόμετρα με τις προτιμήσεις σίτισης των καλλιεργημένων ειδών. Τέτοιες τροφές, γίνονται συνήθως πρώτα με κοκκοποίηση ή ακόλουθα με την εξώθηση του μίγματος τροφών και έπειτα για να μειώσουν τα μόρια στο επιθυμητό μέγεθος με τον τεμαχισμό. Ακόμα κι αν οι τροφές ταΐζονται ως μικρά κομμάτια, η προγενέστερη κοκκοποίηση βοηθά για να ελαχιστοποιήσει το χωρισμό των συστατικών όταν τίθεται η τροφή στο νερό. Η τοπική εφαρμογή του λίπους στα μικρά κομμάτια τροφής μειώνει επίσης τη διύλιση (Anonymus 1977). Από απόψεως προέλευσης οι ξηρές τροφές μπορεί να είναι φυτικής ή ζωικής προελεύσεως ή σύνθετες (Παπουτσόγλου 2008). Ξηρά τροφή που βασίστηκε σε συνδιασμό ζύμης με λυοφιλοποιημένους ζωικούς ιστούς εφαρμόστηκε σε νύμφες κοινών κυπρίνων και παρουσίασαν μικρότερη αύξηση έναντι των ψαριών που ταΐστηκαν με ζωντανό ζωοπλαγκτόν. Έτσι οι νύμφες των κοινών κυπρίνων είναι «δυσκολότερο» να αυξήσουν βάρος απλώς στην ξηρά διατροφή, σε αντίθεση με τις νύμφες των ασημένιων κυπρίνων να είναι «ευκολότερες» στην αύξηση αυτή (Dabrowski 1984). Τα κύρια συστατικά που χρησιμοποιούνται στα πειράματα στις τροφές είναι η λυοφιλοποιημένη σπλήνα, η πρωτεΐνη ψαριών και η λέκιθος αυγών κοτόπουλου που ζελατινοποιούνται με (αιματούχο) αγάρ για να δώσουν ένα τελικό περιεχόμενο σε ξηρή ουσία (15 έως 20%), παρόμοιο με ζωοπλαγκτόν (Dabrowski 1978). Ακόμη, σε κλειστό σύστημα έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα αύξησης βάρους στις νύμφες κοινών κυπρίνων που ταΐστηκαν αποκλειστικά με ξηρές τροφές που περιείχαν σκόνη ζύμης και χοιρινό κρέας ή βόειο κρέας και λυοφιλοποιημένο συκώτι με υψηλά ποσοστά επιβίωσης, περίπου στο 89% (Charlon *et al* 1984). Οι τροφές για ιχθύδια για τα περισσότερα είδη καταρτίζονται έτσι ώστε να περιέχουν σχετικά υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης, αφού όλα σχεδόν τα είδη απαιτούν υψηλά επίπεδα διαιτητικής πρωτεΐνης όταν είναι νεαρά, ανεξαρτήτως των αναγκών τους σε πρωτεΐνες σε μεταγενέστερα στάδια της ζωής τους μια αύξηση του βάρους κατά 25% μεταξύ ομάδων ιχθυδίων που τρέφονται με διαφορετικές καταρτίσεις μπορεί να είναι μια μικρή διαφορά σε πραγματικό βάρος, αλλά το πλεονέκτημα του 25% θα διατηρηθεί μεταξύ των ομάδων έως το τέλος του κύκλου παραγωγής (εμπορεύσιμο μέγεθος). Συνεπώς, τα οφέλη που επιτυγχάνονται με τα ιχθύδια θα αυξήσουν τη μεταγενέστερη παραγωγή (Καραπαναγιωτίδης 2009). Τέλος σημαντική είναι επίδραση της θερμοκρασίας ύδατος

και του μεγέθους ξηρής τροφής στην αύξηση και τη σύνθεση σωματός των ιχθυδίων (~ 1gr) κοινού κυπρίνου (*Cyprinus carpio*). Οι νύμφες που ταιΐστηκαν με ξηρή τροφή 6% επι του σωματικού τους βάρους (με ποσοστό 34% σε πρωτεΐνη) παρουσίασαν μεγαλύτερο μέσο τελικό βάρος σώματος στους 28 °C απο αυτά που εκτρέφονται στους 32 °C (στο 40.98% του πληθυσμού) με ξηρή τροφή στο 4% (Desai *et al* 2009).

**Σχήμα 8α.** Η παραγωγική διαδικασία στον κοινό Κυπρίνο **Πηγή:** FAO 1985



Τα μη ισόρροπα σιτηρέσια σε λίπη στα νεαρά ψάρια μπορούν να καταταγούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη όταν η χορηγούμενη τροφή είναι ελλειμματική σε απαραίτητα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και στην άλλη όταν λιπαρά οξέα ή οξειδωμένα λίπη βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες (Παπουτσόγλου 2008). Τα ψάρια είναι ανίκανα να συνθέσουν οποιαδήποτε λιπαρά οξέα της σειράς  $\omega$  6 και  $\omega$  3 εκτός αν μια πρόδρομος ένωση με αυτήν την δομή της  $\omega$  σειράς είναι παρών στη διατροφή (Halver 1980). Για το λόγο αυτό, τα  $\omega$ -3 και  $\omega$ -6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα ονομάζονται «απαραίτητα λιπαρά οξέα» και θα πρέπει να περιέχονται σε αφθονία στις ιχθυοτροφές. Τα διάφορα είδη ψαριών έχουν διαφορετικές ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις σε  $\omega$ -3 και  $\omega$ -6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα όπως π.χ. τα ψάρια θάλασσας έχουν υψηλές απαιτήσεις σε 20:5  $\omega$ -3 και 22:6  $\omega$ -3 από ότι τα ψάρια του γλυκού νερού (Καραπαναγιωτίδης 2009). Έτσι λοιπόν ο λιπαρός εκφυλισμός και τα λιπαρά σφάλια μπορεί να είναι το αποτέλεσμα ανεπαρκούς PUFA στην τροφή, το οποίο πρέπει να αποτελεί περίπου το 1% της (Ανώνυμος 2009). Το EFA διαδραματίζει έναν άλλο ρόλο στα μιτοχόνδρια του συκωτιού (Halver 1980). Εκτός από τη σημασία τους στη δομή μεμβρανών, το EFA είναι σημαντικό σε μερικά (αλλοστερικά) ενζυμικά συστήματα (Halver 1980). Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά άλλων λιπιδίων. Η χαμηλή θερμοκρασία στα ψάρια βοηθάει πιθανώς στον αποκορεσμό κατά την μεταφορά των λιπιδίων σε σχέση με τα ομοιόθερμα ζώα (πχ θηλαστικά) και κυρίως με ανταγωνιστική παρεμπόδιση του αποκορεσμού των λιπαρών οξέων μιας σειράς από τα μέλη της άλλης σειράς (Farkas *et al* 1976). Έτσι π.χ. τα  $\omega$ -3 λιπαρά οξέα είναι οι πιό ισχυροί ανασταλτικοί παράγοντες ενώ τα  $\omega$ -9 είναι οι λιγότερο (Halver 1980). Η μείωση αυτή στην περιβαλλοντική θερμοκρασία οδηγεί στη συσσώρευση στις μεμβράνες από αλληπάλληλα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε κυτταρικό επίπεδο (Farkas *et al* 1976). Όλα τα παραπάνω συντείνουν στο όταν υπάρχει ανεπάρκεια ή έλλειψη αυτών τότε επέρχεται μειωμένη σωματική ανάπτυξη, παθολογικές καταστάσεις και θνησιμότητα (Καραπαναγιωτίδης 2009). Τέτοια συμπτώματα σε ιχθύεις περιλαμβάνουν και τη δυσλειτουργία αιμοποιητικού, εξογκωμένα και ωχρού χρωματισμού ήπαρ (Παπουτσόγλου 2008).

Στην περίπτωση που τα λίπη είναι πολλαπλάσια των αναγκών του ψαριού ή οξειδωμένα παρατηρούνται σχεδόν όμοια συμπτώματα με αυτά των σιτηρεσίων με χαμηλά λιπαρά (Παπουτσόγλου 2008). Η λιπώδης εκφύλιση του ήπατος είναι νόσος απόλυτα συνδεδεμένη με τη διατροφή και κυρίως στην περίπτωση που χορηγούμε μεγάλη ποσότητα λιπαρών ουσιών (Φώτης 2003) και στην αυτοοξειδωση αυτών (Lim 2001) μετά από παρατεταμένη αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες (Woo *et al* 2002). Αυτή προκαλεί υψηλές ποσότητες σε ελεύθερες ρίζες, υπεροξειδία, αλδεύδες και κετόνες που προκαλούν τοξικότητα στο ψάρι και το κάνουν να αντιδρά στην όποια πρόσληψη και αλλαγή στην διατροφή (Roberts 2001, Lim 2001). Επίσης παρατηρείται ότι η υψηλότερη συμπλήρωση του λιπαρού οξέος  $\omega$ μέγα-3 (3%) στη διατροφή προκαλεί την καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος στους νεαρούς ιχθύεις ινδικού κυπρίνου (*Catla catla*) (Jha *et al* 2007). Σε μεσαίου μήκους λιπαρά τα υψηλά επίπεδα του καπρυλικού οξέος μειώνουν την αύξηση σε νεαρά ιχθύδια κυπρίνου (Fontagne *et al* 2000). Τα ωχρά βράγχια λόγω χαμηλού αιματοκρίτη σε ιδιαίτερα προχωρημένες καταστάσεις, ακόμα και με τη διακοπή σιτίσεως, κάνει την



κατάσταση μή αναστρέψιμη με την οποία προκαλούνται ομαδικοί θάνατοι (Παπουτσόγλου 2008).

### *Ελαιοκράμβη (ο ρόλος της)*

Η ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L) είναι ετήσιο φυτό ή πολυετές ποώδες, και ανήκει στη οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων (Βακάκης 2006). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά τη εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα της (η λεγόμενη πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία καθώς έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (FAO 2007). Η πίτα της ελαιοκράμβης έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη από τη σόγια (34-38% εναντί 44-49%) και λιγότερα βασικά αμινοξέα. Περιέχει επίσης πολύ σημαντικά ποσά σε ω-3 (18:3, α-λινολενικό) πράγμα σπάνιο για φυτά (Καραπαναγιωτίδης 2009). Επομένως, για ένα μεγάλο μέρος του κόσμου, είναι μια οικονομική πρωτεϊνική πηγή για τα ζώα που δεν έχουν τις απαιτήσεις υψηλής ενέργειας ή λυσίνης. Τα πουλερικά, η υδατοκαλλιέργεια, και τα άλογα ιπποδρόμου μπορούν επίσης να ταϊστούν με πίτα ελαιοκράμβης ως πρωτεϊνική πηγή, υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες αλλά με χαμηλά ποσοστά στη σίτιση λόγω της γεύσης (USDA 2009).

Θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο (FAO 2007). Το λάδι *canola*, ως επιστημονική ανακάλυψη, ξεκίνησε από τον Καναδά στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Η λέξη, αποτελεί σύμπτυξη του “**Canadian Oil Low Acid**”. Η χρήση του καρπού της ελαιοκράμβης ήταν συνήθης στην παραγωγή ελαίων αποκλειστικά για εργοστασιακή χρήση. Μέσω ειδικής επεξεργασίας, Καναδοί επιστήμονες επέτυχαν να αφαιρέσουν τα επιβλαβή οξέα και αντιθρεπτικούς παράγοντες (π.χ τανίνες, σιναπίνη) όπως λ.χ. το ερουκικό οξύ και οι γλυκοζίτες (κυανογόνοι γλυκοζίτες, δηλαδή ενώσεις που όταν πέπτονται προκύπτει κυάνιο, θειογλυκοζίτες σαπωνίνες) (Newkirk 2009) που προκαλούν τη δυσλειτουργία του θυροειδούς αδένου, με υπερτροφία και υπερπλασία του θυροειδούς ιστού στην πέστροφα αφού τα υπερχλωρικά άλατα που δημιουργούνται, αναστέλλουν την παραγωγή ιωδίου (Ferguson 2006) καθώς και δυσπεψίες από τον καρπό της (Newkirk 2009), ώστε να παραχθεί ο γενετικά μεταλλαγμένος σπόρος, από τον οποίο εξάγεται το λάδι *canola*. Το εν λόγω λάδι, που είναι προϊόν ψυχρής πίεσης, διαφημίζεται για την εξαιρετική του ποιότητα, τη μεγάλη του περιεκτικότητα σε βιταμίνες και τις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες (Wikipedia 2009). Το έλαιο *canola* είναι το τρίτο σε σειρά πηγή φυτικού ελαίου στον κόσμο μετά από το έλαιο σόγιας και το φοινικέλαιο. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το έλαιο **canola** χρησιμοποιείται στις εφαρμογές τηγανίσματος και ψησίματος και είναι συστατικό στις σάλτσες σαλάτας, τη μαργαρίνη και ποικίλα άλλα προϊόντα (USDA 2009).

Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίτα της είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%). Στο έλαιο της ελαιοκράμβης, η περιεκτικότητα αυτή σε είναι 94 γρ. σε 100 κιλά λάδι, τιμή πολύ υψηλή σε σχέση με τα υπόλοιπα έλαια. Το έλαιο που παράγεται από ελαιοκράμβη χαρακτηρίζεται από μια γεύση που θυμίζει αυτή του καρυδιού και από ένα έντονο κίτρινο χρώμα. Διατηρείται αναλλοίωτο για 6 μήνες και συνιστάται να μην θερμαίνεται. Οι τεχνικές καλλιέργειες είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών

σιτηρών. Προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την συγκομιδή ώστε η υγρασία του σπόρου να κυμαίνεται από 9-12%. Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο χρόνος συγκομιδής της ελαιοκράμβης, για την αποφυγή της απώλειας του σπόρου από τις υψηλές θερμοκρασίες που συνοδεύονται από τα ξηρά και τα θερμά ρεύματα. Από πειράματα, που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές περιοχές, και πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, στην Ιταλία, και στην Ισπανία (Ευρωπαϊκό δίκτυο για την ελαιοκράμβη: FAIR CT98-1946) προκύπτουν θετικά αποτελέσματα, όσον αφορά στην προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα της καλλιέργειας στις παραπάνω εδαφοκλιματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, οι αποδόσεις σε σπόρο καθώς και σε ξηρή βιομάζα, ανάλογα με την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις επικρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες κυμάνθηκαν από 120 έως 250 κιλά/στρέμμα και 300 ως 800 κιλά/στρέμμα, αντίστοιχα (Γαλανοπούλου-Σενδούκα 2002). Από ένα στρέμμα ελαιοκράμβης παράγονται κατά μέσο όρο 120-250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-90 λίτρα βιοντίζελ (Καραπαναγιωτίδης 2009).

**Πίνακας 2α.** Περιεκτικότητα Λιπαρών Οξέων (Λ.Ο) σε λάδι ελαιοκράμβης  
**Πηγή:** Wikipedia 2009

Σύνθεση	Οικογένεια λιπαρών	Επί τοις % συνολική περιεκτικότητα
Ελαικό	$\omega$ -9	61%
Λινελαϊκό	$\omega$ -6	21%
$\alpha$ -λινολενικό	$\omega$ -3	11% και 9%
Κορεσμένα λιπαρά		7%
Στεατικό		2%
Παλμιτικό		4%
<i>trans</i> -λιπαρά		4%

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

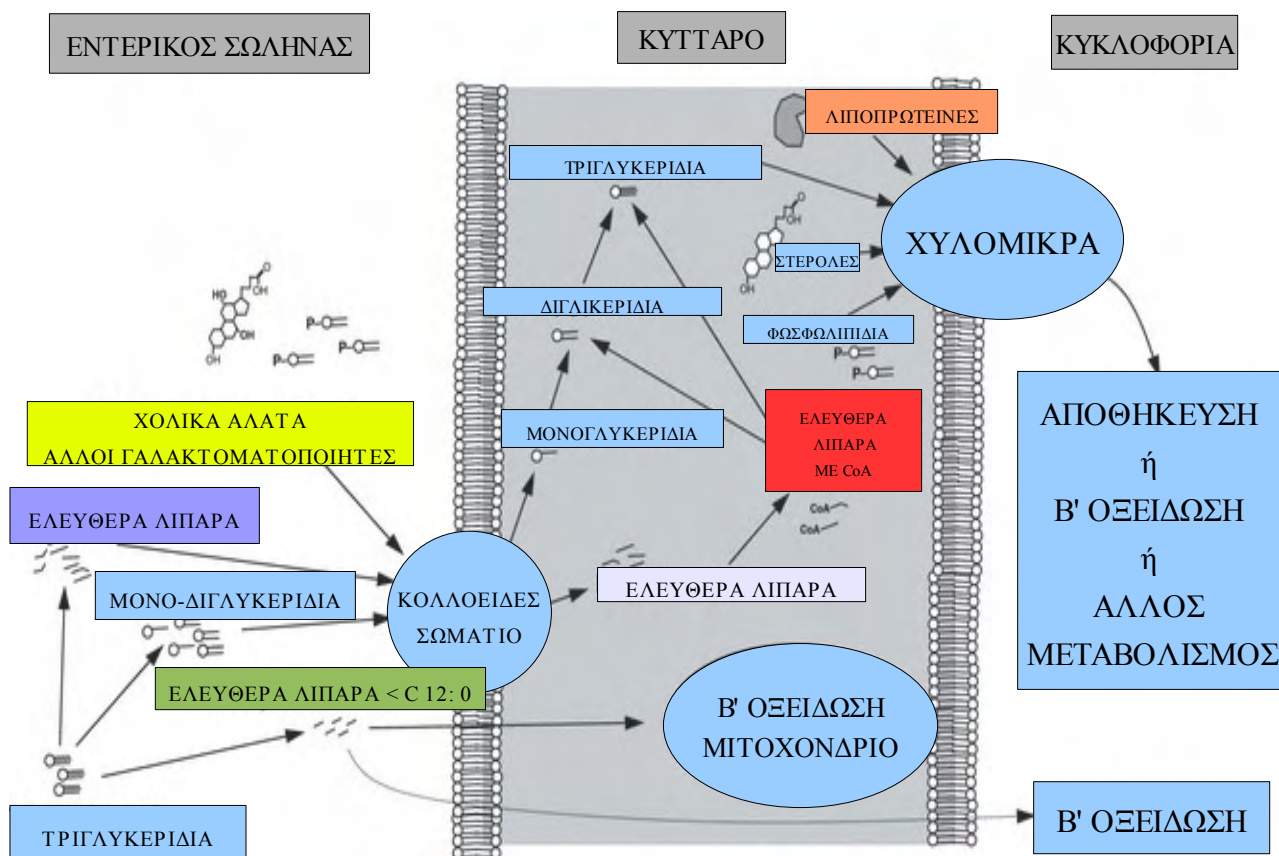
## Εισαγωγή

Τα ψάρια είναι ίσως η σημαντικότερη πηγή  $\omega$ -3 ιδιαίτερα ακόρεστων λιπαρών οξέων (HUFA) για τον άνθρωπο καθώς τα άγρια αποθέματα κινούνται πτωτικά και η ανάγκη για μια αυξανόμενη ζήτηση παρέχεται από την υδατοκαλλιέργεια (Schlechtriem C. *et al* 2009). Τα λιπίδια έχουν έναν σύνθετο ρόλο στη θρεπτική αξία των τροφίμων. Μερικά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα χαρακτηρίζονται ως ουσιαστικά (EFA) (Παπαγεωργίου 1992). Αυτό συσχετίζεται πρώτιστα με το  $\alpha$ -λινολενικό οξύ (18:3  $\omega$ -3), το εικοσιπεντανικό οξύ (20:5  $\omega$ -3) EPA και το εικοσιδυοεξανικό οξύ (22:6  $\omega$ -3) DHA (Ackman 1982). Το περιεχόμενο των πολυακόρεστων  $\omega$ -3 λιπαρών οξέων είναι συνήθως πολύ υψηλότερο στο λίπος του σώματος των θαλασσιών ψαριών απ' ό,τι στα ψάρια του γλυκού νερού. Η περιεκτικότητα σε λίπος επηρεάζεται από τα είδη, την εποχή, τη γεωγραφική περιοχή, την ηλικία και την ωριμότητα (Halver 1980).

### 4.1. Λιπαρά οξέα στους ιχθύς

Τα λιπαρά οξέα είναι τα κυριότερα "καύσιμα" μόρια των κυττάρων και αποθηκεύονται στο κυτταρόπλασμα κυρίως των λιποκυττάρων με την μορφή τριακυκλογλυκερολών (**τριγλυκεριδίων**) (Τρακατέλλης 1996). Τα διατροφικά λιπίδια, κυρίως υπό μορφή τριγλυκεριδίων, υδρολύονται από τα πεπτικά ένζυμα σε ένα μίγμα ελεύθερων λιπαρών οξέων και σε δύο μονογλυκερίδια (Anonymus 1993), αλλά και σε μορφή μικυλλίων (μορφοποίηση με χολικά άλατα) τα οποία διασπώνται μετά την επαφή τους με τις μικρολάχνες του εντέρου (Παπουτσόγλου 2008). [Εκόνα 3α] Επίσης οι περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και τα σημεία τήξης έχουν σημαντική σχέση στην πεπτικότητα των λιπών της τροφής. Έτσι εάν τα σημεία τήξης των διαιτητικών λιπιδίων είναι επάνω από την περιβαλλοντική θερμοκρασία (ή τη θερμοκρασία σώματος του ποικιλοθερμικού ζώου), τα λιπίδια σταθεροποιούνται στο έντερο και είναι κακώς αφομοιωμένα (Anonymus 1977). Τα λιπαρά οξέα (**fatty acids, FA**) που προέρχονται από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων δεν είναι συνήθως διακλαδισμένα και περιέχουν άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, από 12 μέχρι και 26. (<http://18>) Είναι πολύ δυσδιάλυτες ενώσεις σε υδατικό περιβάλλον και δεσμεύονται με δευτερεύουσες αλληλεπιδράσεις με την αλβουμίνη του αίματος όπου μεταφέρονται σε ιστούς-στόχους που μπορούν να τα αξιοποιήσουν ως πηγή ενέργειας (π.χ καρδιακός, σκελετικός μυς) [βλέπε και Σχήμα 9α] (Γεωργάτσος 2005) είτε χρησιμοποιημένες στο πλαίσιο διαφόρων μεταβολικών διεργασιών (σύνθεση, αποκορεσμός) στα απορροφητικά κύτταρα του εντέρου με τη μορφή εξερχομένων στην κυκλοφορία του αίματος λιπαρών σωματιδίων (χυλομικρά ή χυλομικρόνια) (Παπουτσόγλου 2008) για τη σύνθεση των διάφορων κυψελωειδών συστατικών (βιομεμβράνες) (NRC US 1993). Στα κύτταρα των ιστών-στόχων είτε με διάχυση (Γεωργάτσος 2005) είτε με πρωτεΐνες μεταφοράς, τα λιπαρά οξέα (μετατρεπόμενα σε εστέρες του ακετυλοσυνενζύμου CoA μεταφέρονται μέσω του κυτταροπλάσματος στα μιτοχόνδρια που πραγματοποιείται η  $\beta$ -οξειδωση (Τρακατέλλης 1996). Η

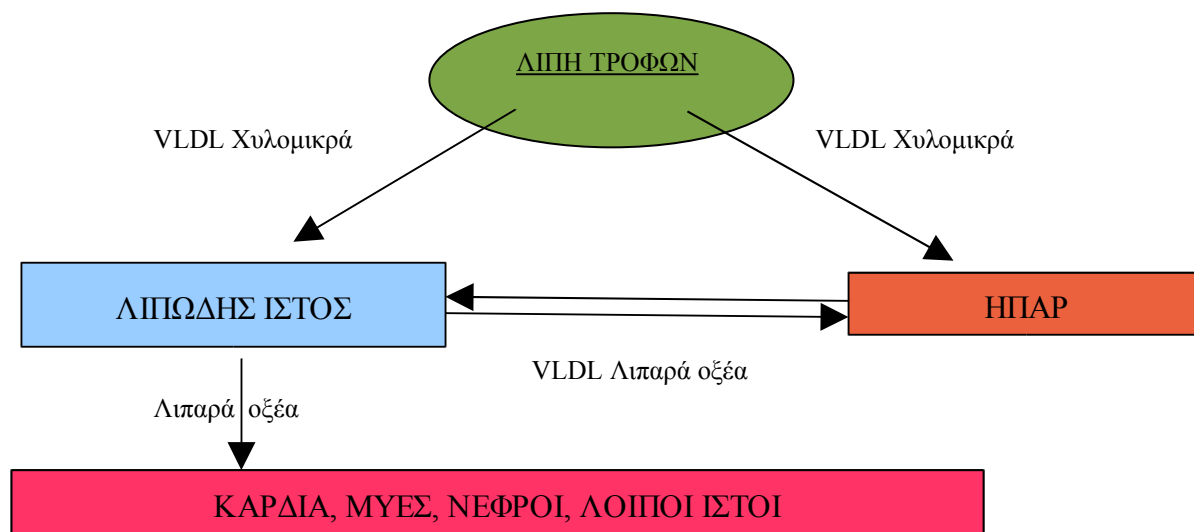
σύνθεση των βιομεμβρανών οφείλεται κατά προτεριότητα στα απαραίτητα λιπαρά οξέα (**Essential fatty acids, EFA**). Τα απαραίτητα λιπαρά οξέα λειτουργούν ως συστατικά των φωσfolιπιδίων σε όλες τις βιομεμβράνες και ως πρόδρομοι για τα εικοσανοειδή όπως λευκοτρένια, προσταγλαδίνες (Steffens 1997) που εκπληρώνουν τις ποικίλες μεταβολικές λειτουργίες (NRC US 1993). Προσφέρουν στις βιομεμβράνες την ευελιξία τη διαπερατότητα και τη ρευστότητα που χαρακτηρίζουν το δέρμα (Steffens 2005) και είναι σημαντικά σε μερικά ενζυμικά συστήματα, στη μεταφορά και το μεταβολισμό της χοληστερίνης (Steffens 1997) στα μιτοχόνδρια, όπως και ότι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά άλλων λιπιδίων (Halver 1980). Τα επίπεδα απαίτησης φωσfolιπιδίων είναι περίπου στο 2-4% της διατροφής για τα νεαρά ψάρια και πιθανώς πιο υψηλά για τα λαρβικά ψάρια αφού ως ευεργετική μπορεί να χαρακτηριστεί ότι ήταν η επίδραση τόσο στην αύξηση των προνυμφών και των νεαρών ψαριών, όσο και στην αύξηση των ποσοστών επιβίωσης και την μείωση της δυσμορφίας στις προνύμφες (Douglas *et al* 2008).



**Εικόνα 3α.** Απορρόφηση και μεταβολισμός τρακυκλογλυκεριδίων **Πηγή:** Smith *et al.* 1983.

## 4.2. Διάκριση και ονοματολογία των λιπαρών οξέων

Τα λιπαρά οξέα διακρίνονται σε **κορεσμένα λιπαρά οξέα** (saturated fatty acids, **SFA**) αν δεν διαθέτουν διπλούς δεσμούς στην αλειφατική αλυσίδα και σε **ακόρεστα λιπαρά οξέα** (unsaturated fatty acids, **UFA**). Αν τα τελευταία διαθέτουν ένα διπλό δεσμό ονομάζονται **μονοακόρεστα λιπαρά οξέα** (monounsaturated fatty acids, **MUFA**) και αν διαθέτουν δύο ή περισσότερους ονομάζονται **πολυακόρεστα λιπαρά οξέα** (polyunsaturated fatty acids, **PUFA**) (*http 18*). Ένας λοιπόν ευρύτατα χρησιμοποιούμενος τρόπος διάκρισης των ακόρεστων (κυρίως των πολυακόρεστων) λιπαρών οξέων βασίζεται στη θέση του πρώτου διπλού δεσμού ξεκινώντας από το πιο απόμακρο άτομο άνθρακα (άνθρακα της μεθυλομάδας, **CH<sub>3</sub>-**) σε σχέση με την καρβοξυλική ομάδα. Ο άνθρακας αυτός ονομάζεται "**ωμέγα**" (ω-άνθρακας) (Γεωργάτσος 2005). Έτσι ως **ω-3** και **ω-6** ή και ως **n-3** και **n-6**, χαρακτηρίζονται τα ακόρεστα λιπαρά οξέα των οποίων ο πρώτος διπλός δεσμός βρίσκεται στο 3ο και το 6ο άτομο άνθρακα ξεκινώντας την αρίθμηση από τον **ωμέγα-άνθρακα** (δηλ. το τελευταίο άτομο άνθρακα με βάση την κανονική αρίθμηση). Έτσι το αλινολενικό οξύ είναι ένα ω-3 λιπαρό οξύ, το λινελαϊκό οξύ και το γ-λινολενικό οξύ είναι ω-6 λιπαρά οξέα, ενώ το ελαϊκό οξύ θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως **ω-9** λιπαρό οξύ (*http 18*). [Πίνακας 4α]



**Σχήμα 9α.** Κατανομή λιπών στο σώμα των ζωικών οργανισμών **Πηγή:** Τρακατέλλης 1993

Τα φυτικά έλαια είναι πλούσια σε ω-6 λιπαρά οξέα και οι περισσότεροι από εμάς ως Ευρωπαίοι καταναλωτές προσλαμβάνουμε αρκετά από αυτά μέσω της διατροφής. Αντιθέτως όμως τα ω-3 λιπαρά οξέα εκλείπουν σε γενικές γραμμές από τη διατροφή μας (NRC US 2003). Από την

άλλη τα ιχθυέλαια είναι πλούσια σε  $\omega$ -3 λιπαρά οξέα, ενώ τα φυτικά έλαια είναι φτωχά σε  $\omega$ -3 αλλά πλούσια σε  $\omega$ -6 λιπαρά οξέα (El Sayed 2006). Αυτά υπάρχουν στα ψάρια, τα θαλασσινά, το tofu (τυρί από γάλα σόγιας), τα αμύγδαλα, τα καρύδια, καθώς και σε μερικά φυτικά έλαια, όπως έλαια από λιναρόσπορο, ξηρούς καρπούς, και την ελαιοκράμβη (Ανώνυμος 2003). Τα διάφορα είδη ψαριών έχουν διαφορετικές ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις σε  $\omega$ -3 και  $\omega$ -6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, π.χ. τα ψάρια θάλασσας έχουν υψηλές απαιτήσεις σε EPA 20:5  $\omega$ -3, DHA 22:6  $\omega$ -3 από ότι τα ψάρια του γλυκού νερού, διότι αδυνατούν να βιοσυνθέσουν τις απαιτούμενες ποσότητες από τα πρόδρομα λιπαρά οξέα (λινολενικό, λινολεϊκό και αραχιδονικό οξύ) [βλέπε Πίνακας 3α] (Καραπαναγιωτίδης 2009).

**Πίνακας 3α.** Κοινά λιπαρά οξέα στους ιστούς των ψαριών **Πηγή:** Καραπαναγιωτίδης 2009

<b>Κορεσμένα</b>	<b>Μονοακόρεστα</b>	<b>Πολυακόρεστα</b>
12:0	16:1 $\omega$ -7	18:2 $\omega$ -6
14:0	18:1 $\omega$ -9	18:3 $\omega$ -6
15:0	18:1 $\omega$ -7	20:3 $\omega$ -6
16:0	20:1 $\omega$ -11	20:4 $\omega$ -6
18:0	20:1 $\omega$ -9	22:4 $\omega$ -6
20:0	22:1 $\omega$ -11	22:5 $\omega$ -6
22:0	22:1 $\omega$ -9	18:3 $\omega$ -3
24:0	24:1 $\omega$ -9	18:4 $\omega$ -3
		20:5 $\omega$ -3 EPA
		22:5 $\omega$ -3
		22:6 $\omega$ -3 DHA

**Πίνακας 4α.** Ονοματολογία λιπαρού οξέος **Πηγή:** Glencross 2009

Χημικός τύπος	Κοινό όνομα	Κωδικό όνομα	Επιστημονικό όνομα
C <sub>8</sub> : <sub>0</sub>	Caprylic	–	Octanoic
C <sub>10</sub> : <sub>0</sub>	Capric	–	Decanoic
C <sub>11</sub> : <sub>0</sub>	–	–	Undecanoic
C <sub>12</sub> : <sub>0</sub>	Lauric	–	Dodecanoic
C <sub>13</sub> : <sub>0</sub>	–	–	Tridecanoic
C <sub>14</sub> : <sub>0</sub>	Myristic	–	Tetradecanoic
C <sub>14</sub> : <sub>1</sub> n- <sup>o</sup>	Myristoleic	–	cis- <sup>9</sup> -tetradecenoic
C <sub>15</sub> : <sub>0</sub>	–	–	Pentadecanoic
C <sub>15</sub> : <sub>1</sub>	–	–	cis- <sup>10</sup> -Pentadecanoic
C <sub>16</sub> : <sub>0</sub>	Palmitic	–	Hexadecanoic
C <sub>16</sub> : <sub>1</sub> n- <sup>γ</sup>	Palmitoleic	–	cis- <sup>9</sup> -hexadecenoic
C <sub>17</sub> : <sub>0</sub>	Margaric	–	Heptadecanoic
C <sub>17</sub> : <sub>1</sub>	–	–	cis- <sup>10</sup> -Heptadecanoic
C <sub>18</sub> : <sub>0</sub>	Stearic	–	Octadecanoic
C <sub>18</sub> : <sub>1</sub> n- <sup>9</sup>	Oleic	OLA	cis- <sup>9</sup> -Octadecenoic
C <sub>18</sub> : <sub>2</sub> n- <sup>6</sup>	Linoleic	LOA	<sup>9</sup> - <sup>12</sup> -octadecadienoic
C <sub>18</sub> : <sub>2</sub> n- <sup>9</sup>	Linolelaidic	–	trans- <sup>9</sup> ,trans- <sup>12</sup> -Octadecadienoic
C <sub>18</sub> : <sub>3</sub> n- <sup>2</sup>	alpha Linolenic	αLNA	cis- <sup>9</sup> , <sup>12</sup> , <sup>15</sup> -Octadecatrienoic
C <sub>18</sub> : <sub>3</sub> n- <sup>6</sup>	gamma Linolenic	γLNA	cis- <sup>7</sup> , <sup>9</sup> , <sup>12</sup> -Octadecatrienoic
C <sub>18</sub> : <sub>4</sub> n- <sup>3</sup>	Stearidonic	SDA	cis- <sup>7</sup> , <sup>9</sup> , <sup>12</sup> , <sup>15</sup> -Octadecatetraenoic
C <sub>20</sub> : <sub>0</sub>	Arachidic	–	Eicosanoic
C <sub>20</sub> : <sub>1</sub> n- <sup>9</sup>	Gondoic	–	cis- <sup>11</sup> -Eicosenoic
C <sub>20</sub> : <sub>2</sub>	–	–	cis- <sup>11</sup> , <sup>14</sup> -Eicosenoic
C <sub>20</sub> : <sub>3</sub>	–	–	cis- <sup>11</sup> , <sup>14</sup> , <sup>17</sup> -Eicosatrienoic
C <sub>20</sub> : <sub>3</sub> n- <sup>6</sup>	Homo-g-linolenic	–	cis- <sup>8</sup> , <sup>11</sup> , <sup>14</sup> -Eicosatrienoic
C <sub>20</sub> : <sub>4</sub> n- <sup>6</sup>	Arachidonic	ARA	cis- <sup>6</sup> , <sup>8</sup> , <sup>11</sup> , <sup>14</sup> -Eicosatetraenoic
C <sub>20</sub> : <sub>5</sub> n- <sup>3</sup>	Eicosapentaenoic	EPA	cis- <sup>5</sup> , <sup>8</sup> , <sup>11</sup> , <sup>14</sup> , <sup>17</sup> -Eicosapentaenoic
C <sub>21</sub> : <sub>0</sub>	–	–	Heneicosanoic
C <sub>22</sub> : <sub>0</sub>	Behenic	–	Docosanoic
C <sub>22</sub> : <sub>1</sub> n- <sup>9</sup>	Erucic	–	cis- <sup>13</sup> -Docosenoic
C <sub>22</sub> : <sub>2</sub>	–	–	cis- <sup>13</sup> , <sup>16</sup> -Docosadienoic
C <sub>22</sub> : <sub>4</sub> n- <sup>6</sup>	Adrenic	–	cis- <sup>7</sup> , <sup>10</sup> , <sup>13</sup> , <sup>16</sup> -Docosatetraenoic acid
C <sub>22</sub> : <sub>5</sub>	Docosapentaenoic	DPA	cis- <sup>7</sup> , <sup>10</sup> , <sup>13</sup> , <sup>16</sup> , <sup>19</sup> -Docosapentaenoic
C <sub>22</sub> : <sub>6</sub> n- <sup>2</sup>	Docosahexaenoic	DHA	cis- <sup>4</sup> , <sup>7</sup> , <sup>10</sup> , <sup>13</sup> , <sup>16</sup> , <sup>19</sup> -Docosahexaenoic
C <sub>23</sub> : <sub>0</sub>	–	–	Tricosanoic
C <sub>24</sub> : <sub>0</sub>	Lignoceric	–	Tetracosenoic
C <sub>24</sub> : <sub>1</sub> n- <sup>9</sup>	Nervonic	–	cis- <sup>10</sup> -tetracosenoic

### 4.3. Βιοσύνθεση των ακόρεστων λιπαρών οξέων

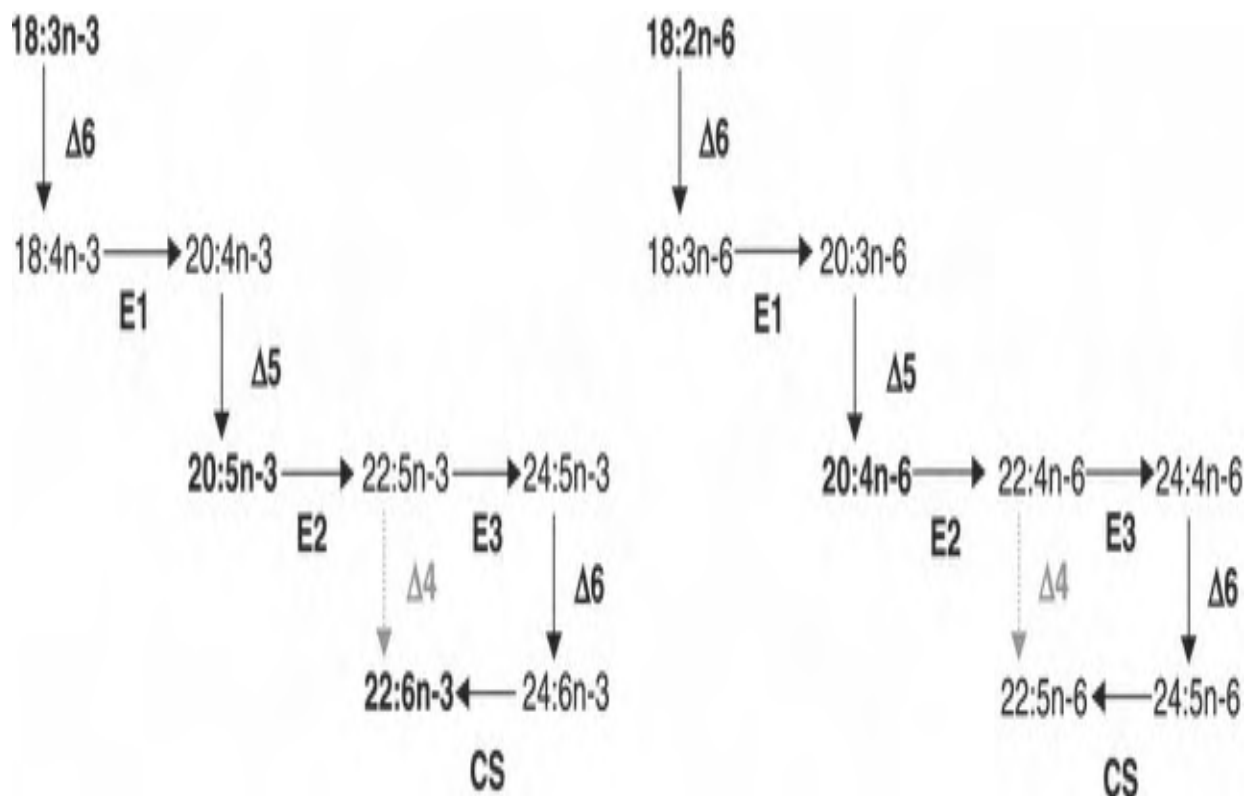
Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (**ΠΛΟ**) σε ότι αφορά την βιοσύνθεσή τους αποτελούνται κυρίως από 3 σειρές ανάλογα με τον αριθμό των ακόρεστων δεσμών που διαθέτουν (δύο, τριών και των τεσσάρων διπλών δεσμών) καθώς και ανάλογα με το πρόδρομο λιπαρό οξύ από το οποίο βιοσυντίθεται (Παπουτσόγλου 2008). Οι κατηγορίες αυτές όπως προαναφέρθηκαν ονομάζονται αντίστοιχα **λινολεϊνικό (LOA) 18:2 ω-6**, **λινολεϊνικό (LNA) 18:3 ω-3** (Παλαιότερα και τα δύο αυτά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μαζί ονομάζονταν **βιταμίνη F**) και το **αραχιδονικό οξύ (ARA) 20:4 ω-6** (Halver 1980). Οι ιχθύεις, πέραν της ικανότητας επιμήκυνσης στο μιτοχονδριακό ενζυμικό σύστημα σε ανθρακικές αλυσίδες με 14 και λιγότερα άτομα C, όπως π.χ. το παλμιτικό για τα κορεσμένα λιπαρά, σε άτομα με C >18, έχουν και την ικανότητα του αποκορεσμού, δηλαδή την δυνατότητα εισαγωγής με ενζυμικά συστήματα ενός ή περισσότερων διπλών δεσμών στον ανθρακικό σκελετό των κορεσμένων λιπαρών οξέων από όπου και αν προέρχονται (Παπουτσόγλου 2008). Η επιμήκυνση λαμβάνει χώρα στα μιτοχόνδρια και γίνεται με την προσθήκη δύο ατόμων άνθρακα C που προέρχονται από το ακετυλο-CoA στην καρβοξυλική ομάδα του ΠΛΟ ή στο ενδοπλασματικό δίκτυο με πηγή ατόμων άνθρακα το μεθυλο-μαλονυλο-CoA (Γιαμαρέλλος-Μπουρμπούλης 1998). Η απαίτηση σε **EFA** των ψαριών συσχετίζεται έτσι, ως ένα βαθμό, με τη δυνατότητά τους να τροποποιήσουν αυτά τα λιπαρά οξέα στο μεταβολισμό (Anonymus 1993). Η διαδικασία αποκορεσμού του λιπαρού οξέος εμφανίζεται πρώτιστα μέσω του ανταγωνισμού μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών λιπαρών οξέων. Τα Δ<sup>5</sup> και κυρίως τα Δ<sup>6</sup> ενζυμα αποκορεσμού (αποκορεσμάσες) (Σχήμα 9α) καθώς και της επιμήκυνσης λιπαρού οξέος θεωρούνται κρίσιμα ένζυμα στη βιοσύνθεση της μακράς αλύσου πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (long chain-PUFA) από την κοντής αλύσου (small chain-PUFA) όπως 18:2 ω-6 και 18:3 ω-3 (Zheng *et al* 2005a). Αυτά τα ενζυμικά συστήματα είναι αρμόδια για την παραγωγή από **LOA** σε **ARA**, **LNA** σε **EPA** και **EPA** σε **DHA** (Glencross 2009) και παρουσιάζονται στο έντερο, το συκώτι, τον μυϊκό ιστό και τον λιπαρό ιστό αφού ήταν υψηλότερα σε συγκεντρώσεις στο σολομό που τάϊστηκε με τροφή που περιείχε φυτικά έλαια από τα αντίστοιχα ψάρια που ταΐστηκαν με τροφή που περιείχε ιχθυέλαιο (Zheng *et al* 2005a). Επίσης, εμφανίζονται να ρυθμίζονται από την ανταγωνιστική παρεμπόδιση υποστρωμάτων, με προτίμηση στις μακρύτερες αλυσίδες λιπαρού οξέος και από έναν υψηλότερου επιπέδου ακορέστων λιπαρών (Sargent *et al* 1993). Έτσι το **LNA** στα ψάρια παρεμποδίζει την βιομετατροπή του **LOA** σε **ARA** και αυτό είναι συνέπεια της ανταγωνιστικής παρεμπόδισης μεταξύ των διατροφικών παραγόμενων **LNA** και **LOA** για την δράση των Δ<sup>6</sup> ενζύμων αποκορεμάσης (Παπουτσόγλου 2008, Glencross 2009). Το ένζυμο της επιμήκυνσης έχει αποδειχθεί ότι έχει την ικανότητα παρέμβασης σε υποστρώματα για 1c-PUFA, PUFA και MUFA, αλλά όχι για SFA. Μελέτες επίσης στην ιριδίζουσα πέστροφα, έδειξαν ανταγωνιστική δράση του DHA στην Δ<sup>6</sup> δεσατουράση με αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα του αποκορεσμού του ολεϊκού (18:1n-9), λινολεϊκού (18:2n-6) και του λινολεϊκού 18:3 (n-3) σε λινολαϊδικό 18:2 (n-9), 18:3 (n-6) γ-λινολεϊκό και 18:4 (n-3) στεαριδικό (cis-6,9,12,15-δεκαοκτατετραενοϊκό) αντίστοιχα (Henderson and Tocher 1987). Επίσης μελέτες των σωματικών λιπιδίων στα σαλμονοειδή έδειξαν ότι το λινολεϊκό 18:3 (n-3) είναι πίο αποτελεσματικός αναστολέας-παρεμποδιστής της επιμήκυνσης και αποκορεσμού



του λινολεϊκού 18:2 (n-6) από το λινολεϊκό του λινολενικού (Yu and Sinnhuber 1976). Φαίνεται να υπάρχει μια ιεραρχία για την ενεργό περιοχή στα ένζυμα επιμήκυνσης σε υπόστρωμα κατά αποτελεσματικότητα όπως  $C-18 > C-20 > C-22$ , και για  $\omega-3 > \omega-6$ , αν και αυτό ποικίλλει σε έναν βαθμό μεταξύ των διαφορετικών ειδών ψαριών (Agaba *et al* 2005). Έτσι οι ιχθύεις των θερμόφιλων γλυκών νερών, σε αντίθεση τόσο με των ψυχρόθερων όσο και των ευρύαλων ψαριών, λόγω της τροφικής ανεπάρκειας του περιβάλλοντος διαβίωσης είναι εφοδιασμένοι με ενζυμικά συστήματα βιοσύνθεσης για **PUFA (EPA και DHA)** από το λινολενικό οξύ και επομένως η παρουσία των **EPA και DHA** δεν είναι απαραίτητη (El Sayed 2006, Παπουτσόγλου 2008).

Επιπλέον, τα ψάρια ποικίλουν αρκετά στη δυνατότητά τους να μετατρέψουν τα C-18 ακόρεστα λιπαρά οξέα άνθρακα σε πολυακόρεστα λιπαρά μεγαλύτερης αλυσίδας και πίο ιδιαίτερα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα της ίδιας σειράς (Anonymus 1993). Ακόμα βρέθηκε εξάρτηση της εποχής και της θερμοκρασίας με την περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά σε διάφορους ιστούς. Οι περιβαλλοντικές θερμοκρασίες έχουν μια μεγάλη επιρροή στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των λιπιδίων και του μεταβολισμού λιπιδίων στα ψάρια. Ενώ τα **HUFA** (highly unsaturated fatty acids) απαιτούνται στην τροφή για την ανοχή στο κρύο για τα ψάρια (Nakamura & Nara 2004) γενικά, μια μείωση στην περιβαλλοντική θερμοκρασία οδηγεί στη συσσώρευση – αύξηση από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Αντιθέτως, η αύξηση στη θερμοκρασία ευνοεί τον σχηματισμό των κορεσμένων λιπαρών οξέων (Farcas and Csengeri 1975) δηλαδή τα επίπεδα των λιπιδίων σε σφάγια ψαριών αυξάνονται ενώ τα ποσά των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στους ιστούς μειώνονται σε υψηλότερες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (Anonymus 1977).

Υψηλότερο περιεχόμενο των πολύτιμων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως το **ARA**, βρέθηκε στα αυγά και στο σκελετικό μύ αυξημένο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, στο ηπατοπάγκρεας κατά τη διάρκεια της άνοιξης, στα αυγά κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου σε αντίθεση με κορεσμένα λιπαρά οξέα όπως το παλμιτικό οξύ και το στεατικό οξύ που δεν κυμαίνονται πάρα πολύ καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Kminkova 2001). Ακόμα και η αναλογία  $\omega-6/\omega-3$  έχει εποχιακή διαφοροποίηση σύμφωνα με τον Halver (1980) αφού τα ολικά λίπη τόσο του ασημένιου όσο και του μεγαλοκέφαλου κυπρίνου την άνοιξη έχουν σημαντικά υψηλότερο περιεχόμενο σε  $\omega-3$  λιπαρά οξέα και σε σημαντικά χαμηλότερη αναλογία  $\omega-6/\omega-3$  από τα ψάρια σε σύλληψη το φθινόπωρο. Ο κυπρίνος λοιπόν ως παμφάγο ψάρι και θερμόφιλο θεωρείται ότι έχει απαιτήσεις σε  $\omega-3$  και  $\omega-6$  λιπαρά οξέα στη διατροφή του. Η έλλειψη σε  $\omega-3$  **HUFA** όπως των φυτικών ελαίων στη διατροφή μπορεί επίσης να έχει μείωση σε  $\omega-3$  **HUFA** και στην σάρκα των ψαριών και έτσι να υπάρχει μειωμένη θρεπτική ποιότητα (Schlechtriem *et al* 2009). Οι μέσες απαιτήσεις του έχουν υπολογιστεί ότι είναι 10 γρ/κίλο σωματικού βάρους για **LOA** και 10 γρ/κίλο βάρους για **LNA** (Takeuchi & Watanabe 1977a).



**Σχήμα 9α.** Μεταβολικά μονοπάτια για την επιμήκυνση και τον αποκορεσμό του **C-18** προς παραγωγή **ω-3** και **ω-6** μακρών αλυσίδων (long-chain) με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (lc-PUFA) στα ηπατοκύτταρα των ψαριών. Οι γκριζες διαστιγμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις οδούς για τις οποίες κανένα επιβεβαιωμένο στοιχείο δεν έχει βρεθεί. Κάθε ένα από τα αρχικά ουσιαστικά λιπαρά οξέα (EFA) τονίζεται με μαύρους χαρακτήρες. Τα ένζυμα αποκορεσμού (δεσατουράσες) **Δ6**, **Δ5** και **Δ4**, στον μικροσωμικό αποκορεσμό λιπαρού οξέος που μεσολάβησε ως ένζυμο στις αντιδράσεις ενώ τα **E1**, **E2** και **E3** στο ηπατικό μικροσωμικό ένζυμο επιμήκυνσης που μεσολάβησε ως ένζυμο στις αντιδράσεις και **CS (Cytosolic Fatty Acid Synthetase)** ως ένζυμο περιορισμού των αλυσίδων λιπαρού οξέος.

**Πηγή:** Glencross 2009

**Πίνακας 5α.** Γραμμάρια των ω-3 λιπαρών οξέων ανά εκατό γραμμάρια τροφίμου.

**Πηγή:** Κτιστάκη & Φούντα 2004

ΨΑΡΙΑ	Λιπαρά οξέα ω-3	Λιπαρά οξέα ω-3		
		α-λινολενικό οξύ	EPA	DHA
Αμμόψαρα	0,5	0,1	0,7	0,7
Αντζούγιες	0,2	-	0,5	0,9
Γάδος	-	-	0,1	0,1
<b>Κυπρίνος</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>
Λακέρδα	0,2	-	0,1	0,3
Λούτσος	0,1	-	-	0,1
Μαρίδες	0,4	0,3	0,2	0,1
Μπαρμπούνη ριγωτό	0,5	0,1	0,3	0,2
Ξιφίας	-	-	0,1	0,1
Οξύρρυγχος κοινός	0,1	0,1	0,2	0,1
Πέρκα	0,1	-	-	0,3
Πέρκα ριγωτή	-	-	0,2	0,6
Πέστροφα θαλάσσης	0,1	-	0,1	0,2
Πέστροφα λίμνης	1,4	0,4	0,5	1,1
Σαρδέλες ξερές, σε κονσέρβα	-	0,5	0,4	0,6
Σκυλόψαρο αγκαθωτό	0,7	0,1	0,7	1,2
Σολομός	0,6	0,1	0,8	0,6
Συναγρίδα	0,2	-	-	0,2
Τσιπούρα	0,1	-	0,1	0,3
<b>ΙΧΘΥΕΛΛΑΙΑ</b>				
Έλαιο ρέγγας	4,1	0,6	7,1	4,3
Μουρουνέλαιο	6,6	0,7	9,0	9,5
Έλαιο σολομού	9,0	1,0	8,8	11,1

#### 4.4. Τα Λιπαρά Οξέα στην Διατροφή του Κυπρίνου

Σημαντικότερα λιπαρά οξέα που προσδιορίστηκαν λοιπόν στον κυπρίνο σε φυσικό περιβάλλον, σύμφωνα με μελέτες, ήταν κυρίως τα 18:1 ω-9 (ελαϊκό) ως αφθονότερο μονοακόρεστο, το 16:0 (παλμιτικό), το 16:1 (παλμιτελαϊκό), το 22:6 ω-3 (DHA), το 18:2 ω-6 (λινελαϊκό), το 20:4 ω-6 (αραχιδονικό, AA), το 18:0 (στεατικό) και 20:5 ω-3 (EPA), σε όλες αντίστοιχα τις εποχές του χρόνου με το παλμιτικό οξύ ως το αρχικό κορεσμένο λιπαρό οξύ (SFA), με 14.6-16.6% επί του 56% σε κορεσμένα λιπαρά σε όλες τις εποχές (Aggelousis & Lazos 1990, Guler *et al* 2008). Έτσι λοιπόν τα είδη του γλυκού νερού όπως ο κοινός κυπρίνος μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως μια πολύτιμη πηγή απαραίτητων λιπαρών οξέων. Έναντι των θαλασσιών ψαριών τα του γλυκού νερού ψάρια περιέχουν πίο υψηλά επίπεδα σε **cis PUFA**, αλλά και με συγκεντρώσεις σε 20:5 ω-3 **EPA** (μεγαλύτερες στα του γλυκού νερού) και 22:6 ω-3 **DHA**. (Aggelousis and Lazos 1990, Steffens 1997) Τα **EFA's** δεν μπορούν να συντεθούν από τον κυπρίνο από άλλα λιπαρά οξέα και συνεπώς πρέπει να του χορηγηθούν στην τροφή (Παπαγεωργίου 1992). Επιπλέον, η σύνθεση λιπαρού οξέος των του γλυκού νερού ψαριών χαρακτηρίζεται από τα μεγάλα μέρη σε **ω-6 PUFA**, ειδικά σε λινελαϊκό οξύ και αραχιδονικό οξύ (Steffens 1997). Η σύνθεση σε λιπαρά οξέα του κυπρίνου έδειξε επίσης ότι ακόμα και οι προνύμφες κυπρίνων είναι σε θέση με βάση το λινολενικό οξύ και το λινελαϊκό οξύ να συνθέτουν μακρύτερες αλυσίδες λιπαρών οξέων (Radunz-Neto *et al* 1996). Επομένως η αναλογία συνολικών ω-3 έως ω-6 λιπαρών οξέων είναι πολύ χαμηλότερη για τα του γλυκού νερού ψάρια απ' ότι για τα θαλάσσια ψάρια, με αναλογία που κυμαίνεται περίπου σε **1:4** (Steffens 1997).

Σύμφωνα με τα παραπάνω κυπρίνος που εκτρέφεται βάσει των φυσικών τροφών στο φυσικό περιβάλλον βρέθηκε να έχει υψηλό περιεχόμενο λόγω των εκθεμάτων των λιμνών σε **ω-6** καθώς επίσης και **ω-3** λιπαρών οξέων στις τριακυκλογλυκερόλες των μυών τους. Ωστόσο ο ταϊσμένος κυπρίνος με συμπληρωματικό σιτηρέσιο σε περιβάλλον λίμνης οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα επίπεδα αυτών σε απαραίτητα λιπαρά οξέα ήταν κάπως χαμηλότερα (Steffens & Wirth 2007). Η επιβίωση και η αύξηση δεν βελτιώθηκαν ακόμα και από τα πίο υψηλά επίπεδα (ω-6) λιπαρών οξέων στην τροφή. Πρέπει να επισημανθεί ότι η έλλειψη σε EFA στη τροφή των κυπρίνων ενίσχυσαν τη σύνθεση του ελαϊκού οξέος, εκτός της περίπτωσης που αυτή καταστάθηκε "de novo" από αλλαγή στη διατροφή τους με ενίσχυση σε λιπαρά οξέα. Οι EFA-ανεπαρκείς τροφές σίτισης, προκάλεσαν τη βαθμιαία μείωση στα επίπεδα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και τη βαθμιαία αύξηση σε 20:3 (ω-9), που λειτουργεί ως ένας δείκτης ανεπάρκειας σε EFA (Csengeri 1996). Ακόμα τα EFA διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη διαπερατότητα καθώς επίσης και την πλαστικότητα των μεμβρανών. Ο ρόλος των ω-3 λιπαρών οξέων στη διαπερατότητα μεμβρανών μπορεί να είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που αποτελούν τις διαφορές στο περιεχόμενο αυτής της οικογένειας των λιπαρών οξέων μεταξύ των εσωτερικών υδάτων και θαλασσιών ψαριών. Εκτός από τη σημασία τους στη δομή μεμβρανών, τα **EFA** είναι σημαντικά σε μερικά ενζυμικά συστήματα όπως ο ρόλος που διαδραματίζουν στη μεταφορά άλλων λιπιδίων. (Halver 1980) Όταν τα **EFA** είναι ανεπαρκή, οι αυξανόμενες συγκεντρώσεις στα 20:3 (ω-9) ενσωματώνονται στα πολικά λιπίδια του ιστού με την μορφή 20:4 (ω-6), 20:5 (ω-3) **EPA**, ή 22:6 (ω-3) **DHA** (Anonymus

1993) και στη μειωμένη περιεκτικότητα σε λίπος στο ηπατοπάγκρεας (Watanabe 1982). Το αυξανόμενο ποσοστό σχηματισμού των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε ψάρια εκτεθειμένα στο κρύο μπορεί να επιφέρει τη συσσώρευση αυτών των λιπαρών οξέων στο ήπαρ ενώ αντιθέτως, ο μειωμένος σχηματισμός των κορεσμένων λιπαρών οξέων μπορεί να αναμένεται για να οδηγήσουν σε ένα μειωμένο επίπεδο αυτών των λιπαρών οξέων σε διαφορετικούς ιστούς (Farkas *et al* 1980).

Γενικά, λοιπόν κατά την εκτροφή τους τα του γλυκού νερού ψάρια όπως και ο κοινός κυπρίνος έχουν ανάγκη σε λιπαρά οξέα το λινελαϊκό οξύ 18:2 ( $\omega$ -6), είτε το λινολενικό οξύ, 18:3 ( $\omega$ -3), είτε και τα δύο, σε αντίθεση με τα θαλάσσια ψάρια που απαιτούν κατά την διατροφή τους το (EPA) 20:5 ( $\omega$ -3) ή και το (DHA) 22:6 ( $\omega$ -3) (Steffens & Wirth 2007). Έτσι είδη όπως ο σολομός, ο κοινός κυπρίνος, και το ιαπωνικό χέλι απαιτούν ένα ίσο μίγμα σε λινολεϊκό 18:2 ( $\omega$ -6) και σε λινολενικό 18:3 ( $\omega$ -3) αφού ο συνδυασμός τους ήταν ανώτερος σε επιδόσεις από την χορήγηση του καθένος λιπαρού οξέος ξεχωριστά στον κυπρίνο (Watanabe 1982, Green & Selivonchick 1987). Το λινολενικό οξύ πρέπει να είναι η σημαντικότερη προέλευση στα  $\omega$ -3 λιπαρά οξέα αφού τα είδη αυτά μπορούν εκτενώς να επιμηκύνουν και να προαγάγουν το λινολενικό οξύ σε μεγαλύτερου αλυσίδες πολυακόρεστων λιπαρών (Cai & Curtis 1989) και να παρουσιάσουν υψηλές σε αξία  $\omega$ -6 λιπαρών οξέων στο μυϊκό ιστό τους, βασισμένα στο υψηλό περιεχόμενο του λινελαϊκού οξέος στην τροφή. Αφ' ενός λοιπόν τα του γλυκού νερού ψάρια είναι σε θέση για επιμήκυνση και αποκορεσμό στο λινελαϊκό οξύ καθώς επίσης και το  $\alpha$ -λινολενικό οξύ από τα  $\Delta 5$  και  $\Delta 6$  συστήματα αποκορεσμού ενώ τα θαλάσσια ψάρια έχουν περιοριστεί μόνο στην ικανότητα να συνθέσουν τα μακράς αλυσίδας (long-chain) πολυακόρεστα λιπαρά οξέα των  $\omega$ -6 και  $\omega$ -3 σειρών (Sargent *et al* 1995). Επίσης ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλες ποσότητες ελήφθησαν σε λινολενικό οξύ, ο κυπρίνος διατήρησε παρόμοια τη ρευστότητα των μεμβρανών όπως κρίνονται από την αναλογία των κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων σε κυτταρικό επίπεδο (Farkas *et al* 1980). Συνεπώς, εφόσον τα ιχθυέλαια είναι πλούσια σε  $\omega$ -3 λιπαρά οξέα, ενώ τα φυτικά έλαια είναι φτωχά σε  $\omega$ -3 αλλά πλούσια σε  $\omega$ -6 λιπαρά (Καραπαναγιωτίδης 2009) στον κυπρίνο η ιδανική αναλογία είναι 1:1 σε ιχθυέλαια και φυτικά έλαια στο 2,5-5% επι του συνόλου σε λιπαρά οξέα στο σιτηρέσιο (Παπαγεωργίου 1992). Ωστόσο σύμφωνα με τους Cai και Curtis (1989) τα υδρόβια μακρόφυτα είναι επίσης πιθανόν διαιτητικές πηγές για την αύξηση των  $\omega$ -3 πολυακόρεστων λιπαρών σε χορτοφάγους κυπρίνους. Ένας επιπλέον λόγος για την σύνθεση στην διατροφή του κυπρίνου με λιπαρά οξέα φυτικής προέλευσης είναι και τα αρνητικά αποτελέσματα των οξειδωμένων ιχθυελαίων (που αντιστράφηκαν με την προσθήκη οξικού άλατος  $\alpha$ -τοκοφερόλης ή εθοξυκινολίνης στη διατροφή) (Sinha & Head 1985) που από τη δεκαετία του '50 και του '60, εν μέρει, τα έχει αντικαταστήσει λόγω της μεγαλύτερης τους σταθερότητάς στις έτοιμες ιχθυοτροφές (Halver 1980). Οι λιπίδο-συμπληρωματικές τροφές οδηγούν σε αυξανόμενη περιεκτικότητα σε λιπίδια και αύξηση σε σωματικού βάρους του κυπρίνου όπου τον βοηθά με μεγάλη δυνατότητα να ξεχειμωνιάσει (Steffens *et al* 1995). Άλλοι παράγοντες (θερμοκρασία, άσκηση, στεροειδής συμπλήρωση) που έμμεσα υποκινούν τη σίτιση αύξησε την περιεκτικότητα σε λίπος (Fauconneau *et al* 1995). Στην αντίθετη περίπτωση που τα λιπαρά προσφέρονται σε μικρότερη από την απαιτούμενη ποσότητα τότε μέρος των πρωτεϊνών θα αναλωθεί για ενεργειακούς σκοπούς (Παπαγεωργίου 1992). Τα υψηλά ποσά  $\omega$ -3 λιπαρών οξέων μπορούν να χορηγηθούν ως τροφή στον κυπρίνο με υψηλής

ενέργειας τροφές όπως περιέχουν σε υψηλά επίπεδα τα ιχθυέλαια (Steffens & Wirth 2007). Έτσι με χρησιμοποίηση του ιχθυελαίου ως πηγή λιπιδίων στη διατροφή είναι δυνατό να παραχθεί σάρκα κυπρίνου με υψηλές συγκεντρώσεις σε  $\omega$ -3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που να είναι ευεργετικά για τις ανθρώπινη υγεία (Steffens 1997, Simopoulos 1997) αφού αυτά είναι «ουσιαστικές» θρεπτικές ουσίες ως αντιθρομβωτικά διαιτητικά συμπληρώματα (Aggelousis & Lazos 1990) και για το λόγο αυτό ο εμπλουτισμός με  $\omega$ -3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) πρέπει να ενθαρρύνεται (Cai & Curtis 1989).

Ο κυπρίνος επίσης είναι μια καλή πηγή EPA και η χρησιμοποίησή του στη διατροφή είναι αποτελεσματική για την αύξηση της αναλογίας EPA/AA ως πρόδρομες ενώσεις των πολυακόρεστων εικοσανοειδών στο πλάσμα του αίματος στον άνθρωπο (Scorepa *et al* 1986). Τέλος τα λιπίδια είναι ζωτικής σημασίας στοιχεία και για το ίδιο το ψάρι αφού και οι πλανγκτονικοί οργανισμοί είναι πηγή λίπους για τον κυπρίνο στο φυσικό του περιβάλλον. Η μείωση από το ποσό τους μπορεί να προκαλέσει αρνητικά αποτελέσματα όπως είναι η μείωση της άνοσης αντίδρασης. Γίνεται έτσι απαραίτητο να συμπληρωθεί η διατροφή από την προσθήκη των λιπών, πρώτιστα των ακόρεστων λιπαρών οξέων για την ενίσχυση και των ανοσολογικών μηχανισμών (Pilarczyk 1995).

**Β' ΜΕΡΟΣ**

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1. Η δική μας έρευνα

Για τη διερεύνηση της δυνατότητας αντικατάστασεως μέρους του σιτηρεσίου, με υψηλή συγκέντρωση σε λιπαρά οξέα, από ελαιοκραμβάλευρο στην διατροφή των κυπρίνων σε ελεγχόμενο περιβάλλον, σε δεξαμενές, διενεργήθηκαν δύο κύριοι πειραματισμοί. Ο ένας αφορούσε σιτηρέσιο σε αντικατάσταση με χαμηλή ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης ενώ ο άλλος με υψηλότερη ποσότητα. Και οι δύο πειραματισμοί είχαν τρεις κυρίως στόχους. **α.** τη μέτρηση δεικτών ευζωίας και ανάπτυξης σε σταθερό περιβάλλον **β.** τις ιστολογικές διαφορές μεταξύ των πειραμάτων και τέλος **γ.** τις αναλύσεις ποιότητας της σάρκας σε πολυακόρεστα ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα. Σε ότι αφορά τα δύο σιτηρέσια του πειράματος αυτά ήταν ισόποσα σε ολική τέφρα, ολικές αζωτούχες ουσίες, ολικές λιπαρές και ολικές ινώδεις ουσίες. Ακόμα η διαφορά τους σε ενέργεια και υδατάνθρακες ήταν ελάχιστη.

## 1.2. Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα έλαβε χώρα στον ημιυπόγειο χώρο των εγκαταστάσεων του εργαστηρίου ιχθυολογίας – ιχθυοπαθολογίας του τμήματος της Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για την πραγμάτωση του εν λόγω πειράματος που η διάρκειά του ήταν 138 ημέρες χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 150 ιχθύδια κυπρίνου μέσου βάρους των 30 γραμμαρίων για τα πειραματικά και 20 γραμμαρίων για τους μάρτυρες. Τα ψάρια χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 45 ατόμων και στον μάρτυρα με 60 άτομα. Οι δύο ομάδες αφορούσαν ψάρια που θα ταίζονταν με τα δύο διαφορετικά σιτηρέσια της ελαιοκράμβης, υψηλά σε λιπαρά οξέα και θα χωριζόνταν σε τρεις υποομάδες-επαναλήψεις των 15 ατόμων, ενώ στους μάρτυρες οι δεξαμενές είχαν από 20 άτομα. Τα ιχθύδια κατανεμήθηκαν μετά από επιλογή (διαλογή) με κριτήριο την καλή φυσική τους κατάσταση και την καλή σκελετική τους ανάπτυξη-μη δυσπλασία με ανωμαλίες του σκελετού η οποία ήταν και η κυριότερα συνθήκη για την επιβίωση και τον ανταγωνισμό στις πειραματικές δεξαμενές. Στο μάρτυρα η διαλογή ήταν αδιάφορη. Ο φωτισμός ήταν φυσικός χωρίς επιπλέον ώρες με τεχνητά μέσα. Η τοποθέτηση των ιχθυδίων κυπρίνου έγινε για τα πειραματικά σε εννέα τετράγωνα, λευκές, πλαστικές δεξαμενές των 250 λίτρων νερού με παράλληλη τοποθέτηση σε καθεμία εξ' αυτών θερμοστάτη για ρύθμιση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος νερού. Οι δεξαμενές Δ1, Δ4 και Δ5 θα αποτελούσαν την ομάδα που θα δίνονταν το σιτηρέσιο με την χαμηλή περιεκτικότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης (ΧΕ) και οι δεξαμενές Δ2, Δ3 και Δ6 την ομάδα που θα δίνονταν η τροφή με την υψηλή περιεκτικότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης (ΥΕ). Ο μάρτυρας τοποθετήθηκε επίσης σε τρεις δεξαμενές λευκού χρώματος Δ7, Δ8 και Δ9 ίσου περιόπου όγκου (250 lt) όπου και σε αυτούς



τοποθετήθηκε θερμοστάτης. Η μέση ιχθυοπυκνότητα των ψαριών ανά κυβικό όγκο νερού ήταν για τους μάρτυρες τα 1,8 κιλά ενώ για τα πειραματικά τα 1,6 κιλά. Σημειώνεται ότι οι δεξαμενές πρωτού λάβει χώρα το πείραμα καθαρίστηκαν με σαπουνόνερο. Αφού τοποθετήθηκαν οι κυπρίνοι στις δεξαμενές τους αφέθηκαν για προσαρμογή περίπου για 45 ημέρες με τροφή του εμπορίου και τάισμα μια φορά ημερησίως, κατά βούληση και επαναζυγίστηκαν. Με μέσο βάρος ιχθυδίων αυτή τη φορά σε κάθε δεξαμενή από 36 ως 42 γραμμάρια άρχισαν να ταίζονται με τα πειραματικά σιτηρέσια, υψηλά σε Λ.Ο, οι έξι υποομάδες των 15 ατόμων ενώ στους μάρτυρες συνεχίσαμε με την ίδια τροφή με κανονική κατανομή σε Λ.Ο. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι έγιναν και μετρήσεις σε νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά σε όλες τις δεξαμενές στην αρχή την πρώτη εβδομάδα του πειράματος, κάθε μήνα και στο τέλος του. Τα αποτελέσματα αυτών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα Παραμέτρων.

**Πίνακας Παραμέτρων**

ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	Δ1,4,5 (XE)				Δ2,3,6 (YE)				Δ7,8,9 (M)			
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (εβδομάδα)	1η	5η	10η	18η	1η	5η	10η	18η	1η	5η	10η	18η
	20 °C	22°C	24 °C	24°C	20 °C	22°C	24 °C	24°C	20 °C	22°C	24 °C	24°C
ΑΜΜΩΝΙΑ <i>NH<sub>3</sub></i> (mg/l)	0,158	0,094	0,0365	0,058	0,7417	0,094	0,0973	0,158	0,0851	0,065	0,0851	0,094
ΝΙΤΡΙΚΑ <i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> (mg/l)	144,41	83,15	33,668	44,14	146,19	88,54	36,769	33,68	30,124	66,45	50,502	50,50
ΝΙΤΡΩΔΗ <i>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></i> (mg/l)	1,216	0	3,04	1,216	0,608	1,216	0	1,216	0	2,24	2,736	1,216

#### Προσδιορισμός της αμμωνίας-Ammonia *NH<sub>3</sub>*

Ο προσδιορισμός της αμμωνίας και των ιόντων του αμμωνίου στα νερά των δεξαμενών έγινε στο εργαστήριο Ιχθυολογίας και Ιχθυοπαθολογίας του τμήματος της Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρίας HANNA τύπου C-200 HI 83000 (Ιταλία) με πολλαπλών χρήσεων φωτόμετρο με ψηφιακή ένδειξη. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την κάθε δεξαμενή μετά τη λήψη νερού σύμφωνα με τις οδηγίες χειρισμού ήταν οι ακόλουθες:

- Επιλογή του προγράμματος στην μέτρηση της Αμμωνίας MR
- Γέμισμα του δοκιμαστικού φιαλιδίου με 10 ml ύδατος της δεξαμενής που επιλέχτηκε
- Κλείσιμο και τοποθέτηση του φιαλιδίου στο μηχάνημα (οπή μέτρησης)
- Καλιμπράρισμα της συσκευής ώστε να μηδενιστεί με το κουμπί "ZERO"
- Εξαγωγή φιαλιδίου και πρόσθεση με τέσσερις σταγόνες από το πρώτο διάλυμα – Ανάμιξη
- Πρόσθεση και του δευτέρου διαλύματος με επιπλέον τέσσερις σταγόνες – Ανάμιξη
- Είσοδος του φιαλιδίου στην οπή της συσκευής

- Χρονομέτρηση του προγράμματος με το κουμπί "TIMER" για 3'30" και
- ένδειξη αποτελέσματος που πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό 1,216

Συμπερασματικά για την αμμωνία και τα ιόντα του αμμώνιου, σύμφωνα με τον πίνακα των παραμέτρων οι τιμές κινήθηκαν πτωτικά από την πρώτη στην τελευταία μέτρηση λόγω της συχνής αλλαγής νερού καθώς επίσης και του καλλίτερου προσδιορισμού της τροφής που λάμβαναν τα ψάρια στις δεξαμενές

#### *Προσδιορισμός των νιτρικών-Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup>*

Όμοια έλαβε χώρα και ο προσδιορισμός των νιτρικών στα νερά της κάθε δεξαμενής με το πολλαπλό φωτόμετρο που προαναφέραμε. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την κάθε δεξαμενή μετά τη λήψη νερού σύμφωνα με τις οδηγίες χειρισμού ήταν οι παρακάτω:

- Επιλογή του προγράμματος στα νιτρικά ιόντα
- Γέμισμα του δοκιμαστικού φιαλιδίου με χρήση πιπέτας 6ml νερού δεξαμενής
- Κλείσιμο και τοποθέτηση του φιαλιδίου στο μηχάνημα (οπή μέτρησης)
- Καλιμπράρισμα της συσκευής ώστε να μηδενιστεί
- Εξαγωγή δείγματος και πρόσθεση του περιεχομένου 0,1gr πακέτου HI 93728
- Γρήγορο ανακάτεμα για 10" και έπειτα αργό για 50" ώστε να μή σχηματιστούν φυσαλίδες
- Εισοδος του φιαλιδίου στην οπή της συσκευής
- Χρονομέτρηση του προγράμματος με το κουμπί "TIMER" για 4'30" και
- ένδειξη του αποτελέσματος που πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό 4,43

#### *Προσδιορισμός των νιτρωδών-Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup>*

Τέλος, όμοια έλαβε χώρα και ο προσδιορισμός των νιτρωδών στα νερά της κάθε δεξαμενής με το πολλαπλό φωτόμετρο που προαναφέραμε. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την κάθε δεξαμενή μετά τη λήψη νερού σύμφωνα με τις οδηγίες χειρισμού ήταν οι παρακάτω:

- Επιλογή του προγράμματος στα νιτρώδη ιόντα
- Γέμισμα του δοκιμαστικού φιαλιδίου με χρήση πιπέτας 10ml νερού δεξαμενής
- Κλείσιμο και τοποθέτηση του φιαλιδίου στο μηχάνημα (οπή μέτρησης)
- Καλιμπράρισμα της συσκευής ώστε να μηδενιστεί
- Εξαγωγή δείγματος και πρόσθεση του περιεχομένου 0,1gr πακέτου HI 93708
- Αργή ανάμιξη ώστε να μή σχηματιστούν φυσαλίδες
- Εισοδος του φιαλιδίου στην οπή της συσκευής
- Χρονομέτρηση του προγράμματος με το κουμπί "TIMER" για 10' και
- ένδειξη του αποτελέσματος που πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό 0,304

#### *Θερμοκρασία νερού*

Η θερμοκρασία του νερού σε όλες τις δεξαμενές κυμάνθηκε για τις πρώτες τέσσερις εβδομάδες στους 20 °C και αυτό για το λόγο ότι το πείραμα ξεκίνησε στα μέσα Δεκεμβρίου ώστε η

διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού να είναι η μικρότερη δυνατή και να μη στρεσάρει τα ψάρια, στους 23 °C για τις επόμενες έξι εβδομάδες λόγω καλλίτερων συνθηκών και εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τις αρχές Μαρτίου και τις υπόλοιπες οκτώ εβδομάδες μέχρι το πέρας του πειράματος στο τέλος Απριλίου στους 24 °C. Να σημειωθεί επίσης ότι η θερμοκρασία επηρεαζόταν περίπου δύο φορές την εβδομάδα (στην αρχή και στο τέλος της) από την αλλαγή νερού που λάμβανε χώρα στις δεξαμενές του κλειστού κυκλώματος από το νερό του δικτύου ύδρευσης για την αποφυγή δυσάρεστων επιπτώσεων από την αμμωνία και της τοξικότητας που προκαλεί.

### *Διατροφή των κυπρίνων*

Η τροφή που δίνονταν κατά τις πρώτες πέντε ημέρες ήταν για να διερευνηθεί στο κατά πόσο τα ψάρια μπορούσαν να προσαρμοστούν στη νέα τους τροφή και μετά από τί ποσότητα έδειχναν αδιάφορα. Συμπεράναμε ότι έδειχναν καλλίτερη ανταπόκριση όταν η καθημερινή τους σίτιση ήταν ανάμεσα στο 2,5 – 3% επί του ολικού ζωντανού βάρους της δεξαμενής και όταν η τροφή αυτή δινόταν σε 2 ισόποσα μέρη, πρωί και απόγευμα με μεγαλύτερη των 8 ωρών διαφορά. Η ζύγιση επί των πέντε αυτών ημερών ήταν καθημερινή και στα ιχθύδια και την τροφή. Τα ψάρια μετά τον προγραμματισμό της τροφής ζυγίζονταν κάθε περίπου δύο εβδομάδες από τους μήνες Δεκέμβριο έως και τέλος Απριλίου. Η σίτιση γινόταν καθημερινά πρωί και απόγευμα και η τροφή κάθε φορά ζυγίζονταν σε ψηφιακή ζυγαριά ακριβείας 0,1 γραμ προτού δοθεί, αρχικά στο 2,5% επί του Ζ.Β και προοδευτικά αυξάνονταν ώστε να φτάσει στο 3% επί του Ζ.Β των ψαριών της κάθε δεξαμενής, λίγο πριν από την προγραμματισμένη για κάθε δύο εβδομάδων περίπου ζύγιση.

Η σύνθεση της τροφής των πειραματικών με την χαμηλή ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης ανα κιλό τροφής φαίνεται στον πρώτο πίνακα (Πίνακας 1β). Η σύνθεση της τροφής με την υψηλή ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης ανα κιλό τροφής φαίνεται στον δεύτερο πίνακα (Πίνακας 2β). Στους Πίνακες 3β και 4β παρουσιάζεται η χημική σύσταση της τροφής με χαμηλή και υψηλή ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης ύστερα από ανάλυση που έλαβε χώρα σε πιστοποιημένο εργαστήριο της εταιρίας Sky Lab-Med στην Αθήνα. Η ανάλυση έγινε σύμφωνα με τον Κανονισμό Ε.Ε Νο 152/2009. Στους μάρτυρες, η τροφή του εμπορίου δίνονταν 4 φορές την εβδομάδα μία φορά την ημέρα κατά τους μήνες αυτούς με σταθερή ποσότητα τροφής 25 γραμμαρίων. Η χημική σύνθεση της τροφής των μαρτύρων φαίνεται στον Πίνακα 5β.

Η σύμπηκτη-ημίξηρη τροφή παρασκευαζόταν στον εργαστήριο χώρο των εγκαταστάσεων του εργαστηρίου ιχθυολογίας – ιχθυοπαθολογίας του τμήματος Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι πρώτες ύλες των σιτηρεσίων είχαν αγοραστεί από την εταιρία .... ενώ τα λάδια καλαμποκιού και σόγιας από το κοινό εμπόριο. Η ανάμιξη των υλικών ως πρόμιγμα, γινόταν σε αναμικτήρα KENWOOD KM 70, αρχικά χωρίς την προσθήκη των λαδιών και του νερού, όχι περισσότερο από 3 λεπτά με ταχύτητα ανάμιξης τις 1000 στροφές/λεπτό ώστε να γίνει μια πλήρης ομογενοποίηση (Παπουτσόγλου 2008). Στη συνέχεια με τη προσθήκη ελαίων και νερού συνεχίζουμε την ανάμιξη για τόσο χρόνο ώστε το μίγμα να αποκτήσει συνεκτικότητα και να μην

κολλάει στα τοιχώματα του αναμεικτήρα. Μετά την ανάμειξη ακολουθεί η σύμπτυξη του μείγματος που πραγματοποιείται σε ειδική συσκευή κοπής κιμά τύπου TEFAL 1500W όπου το μείγμα της τροφής συμπιεζόμενο διέρχεται (με την συνέργεια περιστρεφόμενου κοχλίου) από μεταλλικές οπές 2,5 mm με εξαγωγή σε μορφή πέλλετ. Η τροφή στη συνέχεια δέχεται αφύγρανση σε ηλεκτρικό ξηραντήρα στους 50 °C για 24 περίπου ώρες ώστε να αποθηκευτεί στη συντήρηση (4-6 °C) παστεριωμένη, σε πλαστικά σακουλάκια τύπου ZIP (όταν κρυώσει), μετά την εξαγωγή από τον ξηραντήρα.

### Πίνακας 1β

#### 1ο ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ ΧΑΜΗΛΟ ΣΕ ΚΡΑΜΒΑΛΕΥΡΟ

	ανα 1 κιλό τροφής	ανα ½ κιλού
ΚΡΑΜΒΑΛΕΥΡΟ	247,37 γρ (24%)	123,69 γρ
ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΟ	74,15 γρ (6,8%)	37,10 γρ
ΣΟΓΙΑΛΕΥΡΟ	227,98 γρ (20,5%)	114 γρ
ΓΛΟΥΤΕΝΗ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	77,97 γρ (7,27%)	39 γρ
ΜΑΓΙΑ	78 γρ (7,21%)	39 γρ
ΑΜΥΛΟ	221,98 γρ (20,8%)	111 γρ
A-CELLULOSE	18,49 γρ (1%)	9,45 γρ
ΛΑΔΙ ΣΟΓΙΑΣ	25 γρ (2,5%)	12,5 γρ (ml)
ΛΑΔΙ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	40 γρ (4%)	20 γρ (ml)
ΒΙΤΑΜΙΝΗ ΚΑΙ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	18 γρ (1,78%)	9 γρ
ΑΙΜΟΓΛΟΒΙΝΗ	34,95 γρ (3,25%)	17,48 γρ
CARBOXY-METHYL-CELLULOSE(CMC)	15,55 γρ (1,48%)	7,78 γρ

### Πίνακας 2β

#### 2ο ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ ΣΕ ΚΡΑΜΒΑΛΕΥΡΟ

	ανα 1 κιλό τροφής	ανα ½ κιλού
ΚΡΑΜΒΑΛΕΥΡΟ	294,74 γρ (28%)	147,37 γρ
ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΟ	76,34 γρ (7%)	38,17 γρ
ΣΟΓΙΑΛΕΥΡΟ	177,94 γρ (16%)	89 γρ
ΓΛΟΥΤΕΝΗ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	91,18 γρ (8,5)	45,6 γρ
ΜΑΓΙΑ	81,17 γρ (7,5%)	40,19 γρ
ΑΜΥΛΟ	202,77 γρ (19%)	101,39 γρ
A-CELLULOSE	13,45 γρ (0,5%)	6,73 γρ
ΛΑΔΙ ΣΟΓΙΑΣ	25 γρ (2,5%)	12,5 γρ (ml)
ΛΑΔΙ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	40 γρ (4%)	20 γρ (ml)
ΒΙΤΑΜΙΝΗ ΚΑΙ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	18,3 γρ (1,83%)	9,15 γρ
ΑΙΜΟΓΛΟΒΙΝΗ	30,11 γρ (2,8%)	15,05 γρ
CARBOXY-METHYL-CELLULOSE (CMC)	15,75 γρ (1,5%)	7,88 γρ

### Πίνακας 3β

Χημική ανάλυση τροφής με χαμηλή περιεκτικότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης

<b>Συστατικά</b>	<b>Μέθοδος</b>	<b>Αποτελέσματα</b>
Υγρασία	Σταθμική (Κανονισμός E.E No 152/2009)	26,0 g/100g
Ολική τέφρα	Σταθμική (Κανονισμός E.E No 152/2009)	4,6 g/100g
Ολικές αζωτούχες ουσίες	Kjeldahl	27,5 g/100g
Ολικές λιπαρές ουσίες	Όξινης υδρόλυσης	9,0 g/100g
Ολικές ινώδεις ουσίες	Σταθμική (Κανονισμός E.E No 152/2009)	5,6 g/100g
Υδατάνθρακες	Υπολογιστικά	27,3 g/100g
Ενέργεια	Υπολογιστικά	300 kcal/100g (1265 KJ/100g)

### Πίνακας 4β

Χημική ανάλυση τροφής με υψηλή περιεκτικότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης

<b>Συστατικά</b>	<b>Μέθοδος</b>	<b>Αποτελέσματα</b>
Υγρασία	Σταθμική (Κανονισμός E.E No 152/2009)	26,3 g/100g
Ολική τέφρα	Σταθμική (Κανονισμός E.E No 152/2009)	4,9 g/100g
Ολικές αζωτούχες ουσίες	Kjeldahl	27,3 g/100g
Ολικές λιπαρές ουσίες	Όξινης υδρόλυσης	9,0 g/100g
Ολικές ινώδεις ουσίες	Σταθμική (Κανονισμός E.E No 152/2009)	5,9 g/100g
Υδατάνθρακες	Υπολογιστικά	26,6 g/100g
Ενέργεια	Υπολογιστικά	297 kcal/100g (1249 KJ/100g)

**Πίνακας 5β.** Χημική ανάλυση τροφής μαρτύρων \*

<b>Συστατικά</b>	<b>Ανά 100 gr τροφής</b>
Ξηρά Ουσία	77,7 g/100g
Ολική τέφρα	6,6 g/100g
Ολικές αζωτούχες ουσίες	34,75 g/100g
Ολικές λιπαρές ουσίες	4,25 g/100g
Ολικές ινώδεις ουσίες	6,4 g/100g
Υδατάνθρακες	48 g/100g
Ενέργεια	20,6 kcal/100g

\* Σύμφωνα με τα στοιχεία που μας έδωσε η ΕΛ.ΒΙ.Ζ.

### 1.3. Προσδιορισμός της αύξησης του σωματικού βάρους - δεικτών ανάπτυξης

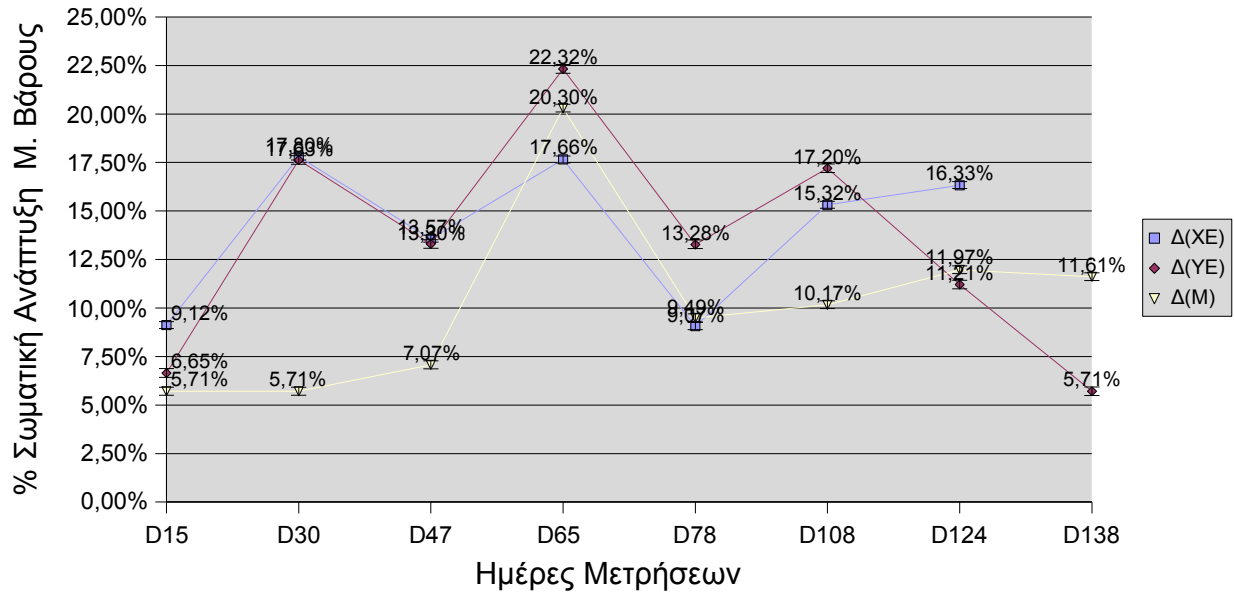
Για τον προσδιορισμό της παραμέτρου αυτής γίνονταν ζυγίσεις κάθε δύο περίπου εβδομάδες ατομικά και για όλα τα ψάρια στις πειραματικές ομάδες όπου η ζύγιση γινόταν με ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας 0,1g τύπου .... του εργαστηρίου. Στους μάρτυρες η ζύγιση αυτή ήταν τυχαία και αφορούσε στην αρχή δειγμα 15 ατόμων ενώ κατά τις 3 τελευταίες μετρήσεις η ζύγιση γινόταν σε 30 άτομα. Μετά το τέλος της εκτροφής υπολογίστηκε το μέσο βάρος των ιχθυδίων κάθε υποομάδας κατά τις 9 μετρήσεις που πήραμε (Διάγραμμα 1), το συνολικό βάρος της κάθε υποομάδος με εξαίρεση σε αυτή την περίπτωση το μάρτυρα και τέλος η τροφή που δόθηκε στις ημέρες μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων (Διάγραμμα 2 και 3). Από τις τιμές αυτές υπολογίστηκε α) η εκατοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους των ιχθυδίων της κάθε ομάδας (ΣΑ) β) ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) γ) ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR), δ) ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (ΣΑΠ) ε) ο θερμικός συντελεστής αύξησης (ΘΣΑ) και στ) το ποσοστό θνησιμότητας. Παρακάτω θα αναλυθούν εκτενέστερα οι παραπάνω δείκτες.

#### *α. Εκατοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους - Percentage Weight Gain*

Η εκατοστιαία σωματική ανάπτυξη του μέσου σωματικού βάρους εξάγεται από το κλάσμα της διαφοράς του τελικού από το αρχικό μέσο σωματικό βάρος προς το αρχικό μέσο βάρος. Ο δείκτης αυτός εξηγεί την επί τοις εκατό (%) αύξηση του βάρους ενός ιχθυδίου σε μια συγκεκριμένη ομάδα ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μετρήσεις.

$$\text{ΣΑ\%} = [(\text{Final Body Weigth} - \text{Initial Body Weigth}) / \text{Initial Body Weigth}] * 100$$

## Εκατοστιαία Σωματική Ανάπτυξη του Μέσου Σωματικού Βάρους



Διάγραμμα 1β

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του ΣΑ στις δεξαμενές με χαμηλή ποσότητα ελαιοκραβάλευρου έχουμε μια προοδευτική αύξηση από την πρώτη μέτρηση και μικρές αυξομειώσεις στις επόμενες με την περίοδο 4ης και 5ης μέτρησης (D65) στο μέγιστο και τάση μείωσης κατά την 6η μέτρηση και ανάκαμψη του δείκτη στις επόμενες μετρήσεις με τάση σταθεροποίησης και ελαφριά μείωση (αρνητικό πρόσημο) κατά την τελευταία μέτρηση. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη θνησιμότητα που είχαμε πριν την τελευταία μέτρηση λόγω ανταγωνισμού. (Πίνακας 8)

Στις δεξαμενές με υψηλή την περιεκτικότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης παρατηρείται μια επίσης προοδευτική αύξηση μικρότερη στην αρχή και μικρές αυξομειώσεις με μέγιστη τιμή και στις δύο περιπτώσεις ανάμεσα στην 4η και 5η μέτρηση (D65) λόγω της χορήγησης φλουμεκίνης. Στην επόμενη μία μεγάλη μείωση της ανάπτυξης κατά την 6η μέτρηση και μια μικροτέρα αύξηση στην συνέχεια όπου προοδευτικά χαμηλώνει. Το τελευταίο ενδεχομένως να συμβαίνει λόγω θνησιμότητας.

Στους μάρτυρες η ανάπτυξη αυτή ήταν μικρότερη με μέγιστη τιμή αυτή της 4ης με 5ης μέτρησης (D65). Κατά τις τελευταίες μετρήσεις παρατηρείται ένας σταθερός ρυθμός ανάπτυξης με ελάχιστες αποκλίσεις.

**Πίνακας 6β.** Εκατοστιαία σωματική ανάπτυξη του μέσου σωματικού βάρους

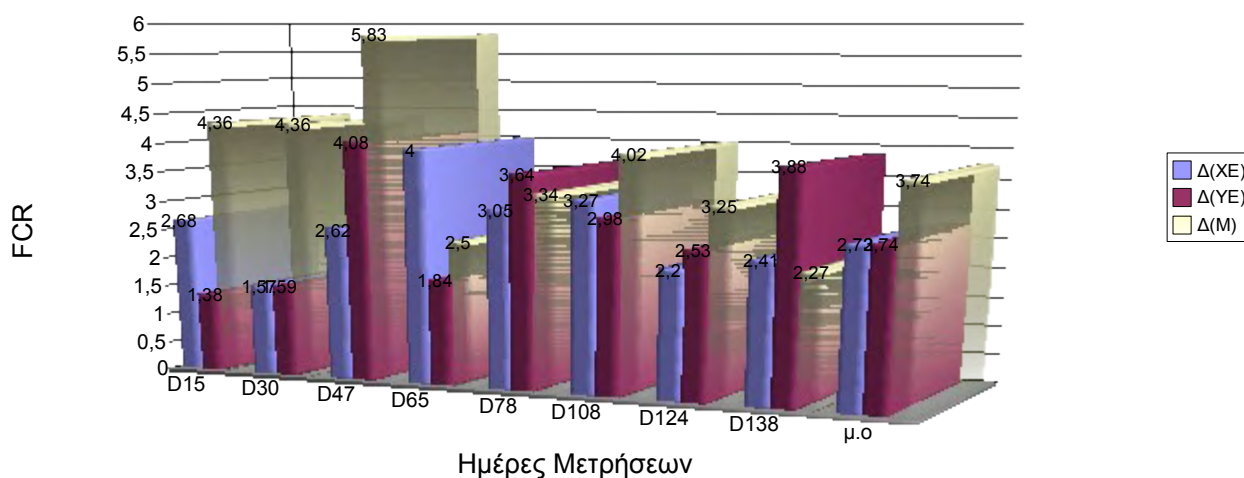
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Χαμηλή Ελαιοκράμβη (XE) (n=45)	Υψηλή Ελαιοκράμβη (YE) (n= 43)	Μάρτυρας (M) (n=60)
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
D15(29/12/09)	9,12%	6,65%	5,71%
D30(12/01/10)	17,8%	17,63%	5,71%
D47(29/01/10)	13,57%	13,3%	7,07%
D65 (16/02/10)	17,66%	22,32%	20,30%
D78(01/03/10)	9,07%	13,28%	9,49%
D108(30/03/10)	15,32%	17,2%	10,17%
D124(16/04/10)	16,33%	11,21%	11,97%
D138(30/04/10)	-0,54%	5,71%	11,61%

β) Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (ΣΜΤ), FCR - feed conversion ratio

Ως συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής ορίζεται η ποσότητα της τροφής που καταναλώθηκε ανάμεσα σε δύο μετρήσεις για την παραγωγή 1 kg ζωντανού βάρους. (Χώτος και Ρογδάκης 2005) Συνεπώς εκφράζεται από το κλάσμα της χορηγηθείσας ποσότητας τροφής προς την αύξηση της εκτρεφόμενης βιομάζας για την κάθε δεξαμενή.

$$FCR = \text{Dry Feed Intake/Wet Weight Gain}$$

### Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής



Διάγραμμα 2β



Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του ΣΜΤ για την πρώτη ομάδα δεξαμενών με χαμηλή ποσότητα αλεύρου ελαιοκράμβης, οι μετρήσεις 1,57 στην αρχή μετά την 3η μέτρηση και 2,2 στην προτελευταία μέτρηση θεωρούνται άριστες ενώ οι χειρότερες 4 και 3,27 θεωρούνται αποδεκτές πλην όμως μη ικανοποιητικές. Στην άλλη ομάδα με την υψηλή σε άλευρο ελαιοκράμβης στο σιτηρέσιο, οι δείκτες 1,38 και 1,59 θεωρούνται οι καλύτεροι και παρουσιάζονται στις πρώτες 3 μετρήσεις ενώ με 3,88 κατά την τελευταία ζύγιση δικαιολογείται στο ότι πέρα της ύπαρξης του αυξανόμενου σωματικού βάρους όπου φυσιολογικά συμβαίνει και φυσικά ο συντελεστής μετατρεψιμότητας μεγαλώνει υπάρχει και η απώλεια ατόμων με μεγαλύτερη επίδραση επί του συντελεστή. Επιπλέον στην ομάδα των μαρτύρων οι αρχικοί συντελεστές ήταν πέραν του αναμενόμενου με διόρθωση του κυρίως στις δύο τελευταίες μετρήσεις.

**Πίνακας 7β.** Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

<b>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ</b>	<b>Χαμηλή Ελαιοκράμβη (ΧΕ) (n=45)</b>	<b>Υψηλή Ελαιοκράμβη (ΥΕ) (n= 43)</b>	<b>Μάρτυρας (Μ) (n=60)</b>
<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ</b>			
D15(29/12/09)	<b>2,68</b>	<b>1,38</b>	<b>4,36</b>
D30(12/01/10)	<b>1,57</b>	<b>1,59</b>	<b>4,36</b>
D47(29/01/10)	<b>2,62</b>	<b>4,08</b>	<b>5,83</b>
D65 (16/02/10)	<b>4</b>	<b>1,84</b>	<b>2,5</b>
D78(01/03/10)	<b>3,05</b>	<b>3,64</b>	<b>3,34</b>
D108(30/03/10)	<b>3,27</b>	<b>2,98</b>	<b>4,02</b>
D124(16/04/10)	<b>2,20</b>	<b>2,53</b>	<b>3,25</b>
D138(30/04/10)	<b>2,41</b>	<b>3,88</b>	<b>2,27</b>
<b>μ.ο</b>	<b>2,73</b>	<b>2,74</b>	<b>3,74</b>

*γ. Ειδικός Ρυθμός Ανάπτυξης, SGR - specific growth rate*

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης ή αύξησης εκφράζεται συνήθως με τον παρακάτω τύπο ως το κλάσμα της διαφοράς των λογαρίθμων τελικού και αρχικού μέσου βάρους δεξαμενής προς τον χρόνο που μεσολάβησε μεταξύ των μετρήσεων σε ημέρες, σε αναλογία επί τοις εκατό % και εκφράζει τον ρυθμό αύξησης του βάρους ανά ημέρα στο μέσο βάρος των ιχθυδίων κάθε δεξαμενής. Οι τιμές που έχουν βρεθεί απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

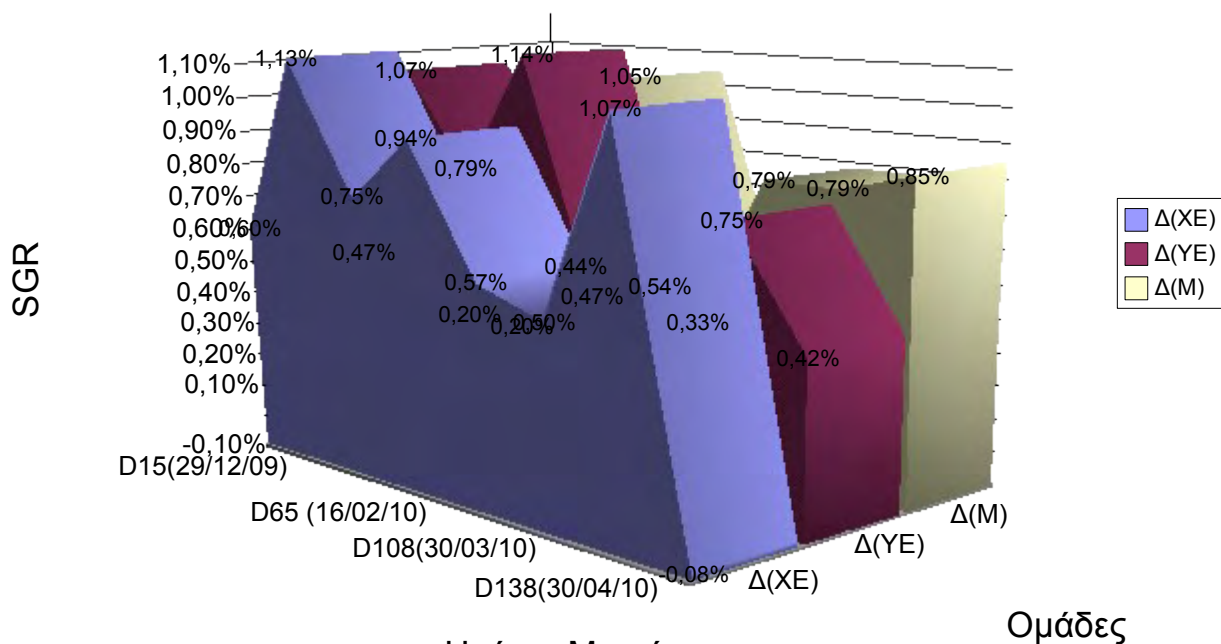
$$G\% = 100 * [ \ln W_F - \ln W_I ] / \Delta t$$

**Πίνακας 8β.** Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Χαμηλή Ελαιοκράμβη (ΧΕ) (n=45)	Υψηλή Ελαιοκράμβη (ΥΕ) (n= 43)	Μάρτυρας (Μ) (n=60)
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
D15(29/12/09)	0,6 %	0,47 %	0,2%
D30(12/01/10)	1,13 %	1,07 %	0,2%
D47(29/01/10)	0,75 %	0,79 %	0,44%
D65 (16/02/10)	0,94 %	1,14 %	1,05%
D78(01/03/10)	0,57 %	0,47 %	0,33%
D108(30/03/10)	0,5%	0,54 %	0,79%
D124(16/04/10)	1,07%	0,75 %	0,79%
D138(30/04/10)	-0,08%	0,42 %	0,85%

Το αρνητικό πρόσημο της τελευταίας μέτρησης στη δεξαμενή με την χαμηλή σε περιεκτικότητα αλεύρου ελαιοκράμβης έχει σχέση με την θνησιμότητα, λόγω ανταγωνισμού, που παρουσιάστηκε στην Δ1 δεξαμενή κατά το χρονικό αυτό διάστημα.

### Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης



Διάγραμμα 3β

δ. Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (ΣΑ<sub>π</sub>), PER - Protein Efficiency Ratio

Ο δείκτης αυτός εκφράζει την μεταβολή του ζωντανού βάρους μεταξύ δύο μετρήσεων σε σχέση με την καταναλωθείσα ποσότητα (Αζωτούχων Ουσιών) πρωτεΐνης και δίνεται από τον τύπο:

$$\Sigma A_{\pi} = [\text{Τελικό ολικό ΖΒ} - \text{Αρχικό ολικό ΖΒ}] / \text{Ποσότητα Αζωτούχων ουσιών (Πρωτεΐνης)}$$

Στην παραπάνω σχέση ως πρωτεΐνη και στα δύο σιτηρέσια λαμβάνεται υπόψιν το 28% επί του συνόλου των παρασκευασμένων τροφών που δίνεται στα ψάρια. Οι τιμές που έχουν βρεθεί απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 9β.** Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Χαμηλή Ελαιοκράμβη (ΧΕ) (n=45)	Υψηλή Ελαιοκράμβη (ΥΕ) (n=43)	Μάρτυρας (Μ) (n=60)
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
D15(29/12/09)	0,98	1,92	0,26
D30(12/01/10)	1,68	1,66	0,26
D47(29/01/10)	1,01	0,69	0,08
D65 (16/02/10)	0,66	1,43	0,59
D78(01/03/10)	0,86	0,74	0
D108(30/03/10)	0,81	0,89	0,65
D124(16/04/10)	1,20	1,04	0,81
D138(30/04/10)	0	0,68	1,16

ε. Θερμικός Συντελεστής Αύξησης (ΘΣΑ), TUGC-Thermal Unit Growth Coefficient

Ως θερμικός συντελεστής αύξησης ορίζεται το κλάσμα της διαφοράς του τελικού μέσου βάρους στην 0,333 από το αρχικό μέσο βάρος της κάθε δεξαμενής στην δύναμη αυτή προς το άθροισμα των γινομένων του αριθμού ημερών επί τη θερμοκρασία των ημερών αυτών. Εκφράζεται από τον παρακάτω τύπο και δείχνει την αύξηση του μέσου σωματικού βάρους σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Οι τιμές αυτού του δείκτη φαίνονται στον παρακάτω πίνακα για την κάθε δεξαμενή.

$$TUGC = [W_F^{0,333} - W_I^{0,333}] / \Sigma [\text{Temp } C^{\circ} * \text{Days}] \text{ (Covey 1992)}$$

**Πίνακας 10β.** Θερμικός συντελεστής αύξησης

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Χαμηλή Ελαιοκράμβη (XE) (n=45)	Υψηλή Ελαιοκράμβη (YE) (n=43)	Μάρτυρας (M) (n=60)
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
TUGC	<b>0,0417</b>	<b>0,0407</b>	<b>0,0092</b>

*στ. Θνησιμότητα*

Οι απώλειες τις οποίες είχαμε ήταν κυρίως λόγω ανταγωνισμού αφού σε όλες τις περιπτώσεις πλήν των μαρτύρων, βρίσκαμε ψαράκια εκτός δεξαμενής. Για το λόγο αυτό τοποθετήθηκαν πλαστικές απόχες επί των δεξαμενών. Ωστόσο μέχρι το τέλος του πειράματος παρατηρήθηκαν και μάλιστα σε μεγάλη έκταση πάλι τα ίδια φαινόμενα (στη Δ1 κυρίως) προφανώς για τον ίδιο λόγο. Έτσι η θνησιμότητα για την ομάδα της χαμηλής σε άλευρο ελαιοκράμβης ήταν 15% και στην άλλη ομάδα δεν ξεπερνούσε το 9%. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ημερομηνίες όπου είχαμε τις απώλειες. Στον μάρτυρα επίσης βρέθηκε μια απώλεια το Δεκέμβριο κατά την περίοδο πριν τη δεύτερη μέτρηση και για λόγο δυσπλασίας της σπονδυλικής στήλης-έλλειψης νυκτικής κύστεως.

**Πίνακας 11β.** Θνησιμότητα

ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	Χαμηλή Ελαιοκράμβη (XE) (n=45)	Υψηλή Ελαιοκράμβη (YE) (n=43)	Μάρτυρας (M) (n=60)
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
D15, 29/12/2009	-	1 άτομο	1 άτομο
D65, 16/2/2010	1 άτομα	-	-
D138, 30/4/2010	3 άτομα	-	-
ΙΣΤΟΛΟΓΙΚΑ	3 άτομα	3 άτομα	3 άτομα
<b>Σύνολο</b>	<b>7 άτομα (15,5%)</b>	<b>4 άτομα (9%)</b>	<b>4 άτομα (6,67%)</b>

1.4. Στατιστική ανάλυση.

Η στατιστική ανάλυση των βαρών κατά ημερομηνία και δεξαμενή έγινε με το πρόγραμμα SPSS, PASW Statistics 18, Release 18.0.0 της IBM. Επιλέχθηκε από το πρόγραμμα αυτό η

ανάλυση διακύμανσης με το *test one way ANOVA*, ενώ οι συγκρίσεις των μέσων όρων των ομάδων έγιναν με τη δοκιμή **Dunkan** σε επίπεδο σημαντικότητας  $P \leq 0,05$ .

### *Αποτελέσματα*

Και τα τρία τεστ έδειξαν ότι κατά την **εκκίνηση** (D0-13/12/09) του πειράματος τόσο οι δεξαμενές χαμηλού και όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη σιτηρέσια ξεκίνησαν από μη διαφορετικά στατιστικά σημαντικά βάρη εκτός των δεξαμενών των μαρτύρων που ξεκίνησαν από μικρότερο βάρος (Διάγραμμα 4β). Κατά **την δεύτερη** δειγματοληψία (D15-29/12/09) οι δεξαμενές χαμηλού και όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Αντίθετα τα ψάρια μάρτυρες έχασαν βάρος διότι δεν μπόρεσαν να προσαρμοστούν στην παρεχόμενη τροφή (ΕΛΒΙΖ). Κατά **την τρίτη** δειγματοληψία (D30-12/01/10) οι δεξαμενές χαμηλού και όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Αντίθετα τα ψάρια μάρτυρες πήραν βάρος διότι άρχισαν να προσαρμόζονται στην χορηγούμενη τροφή. Κατά την **τέταρτη** δειγματοληψία (D47- 29/01/10) οι δεξαμενές χαμηλού και όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Κατά την **πέμπτη** δειγματοληψία (D65-16/02/10) οι δεξαμενές τόσο χαμηλού όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Στην **έκτη** δειγματοληψία (D78-01/03/2010) οι δεξαμενές χαμηλού όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Κατά την **έβδομη** δειγματοληψία (D108-30/03/2010) οι δεξαμενές χαμηλού όσο και υψηλού σε ελαιοκράμβη αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Κατά την **προτελευταία** δειγματοληψία (D124-16/4/2010) οι δεξαμενές χαμηλού όσο και υψηλού σε άλευρο ελαιοκράμβης αύξησαν το βάρος τους εντούτοις συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Τέλος κατά την **ένατη** δειγματοληψία (D138-30/4/2010), οι δεξαμενές χαμηλού και όσο και υψηλού σε άλευρο ελαιοκράμβης αύξησαν το βάρος τους αλλά συνέχισαν να μην έχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους.

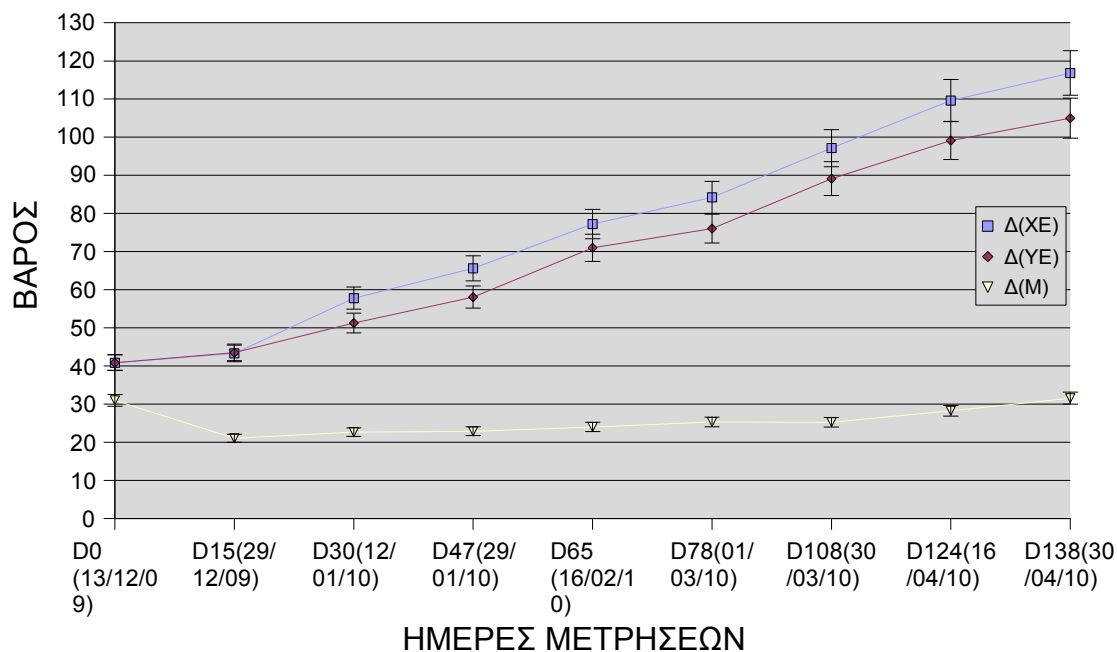
Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τόσο τα μέσα σωματικά βάρη στην κάθε δεξαμενή και οι μέσες τυπικές αποκλίσεις για την κάθε ζύγιση, καθώς επίσης και το πλήθος των ατόμων που μετρήθηκαν κάθε φορά. Τα μέσα σωματικά βάρη κατά την πρώτη μέτρηση αφορούν τις δεξαμενές του πειράματος και δεν διαφέρουν στατιστικά όπως φαίνεται και στον πίνακα ( $P \leq 0,05$ ).

Πίνακας 12β. Στατιστικά Αποτελέσματα

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Χαμηλή Ελαιοκράμβη (ΧΕ) (n=45)	Υψηλή Ελαιοκράμβη (ΥΕ) (n=43)	Μάρτυρας (Μ) (n=60)
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
D0 (13/12/09)	40,88 <sup>a</sup> ±10,69*	40,86 <sup>a</sup> ±7,74	30,96 <sup>b</sup> ±5,23
D15(29/12/09)	43,27 <sup>a</sup> ± 12,36	43,54 <sup>a</sup> ±8,47	21,033 <sup>b</sup> ±6,38
D30(12/01/10)	57,77 <sup>a</sup> ± 14,85	51,25 <sup>a</sup> ± 9,2	22,63 <sup>b</sup> ± 10,85
D47(29/01/10)	65,6 <sup>a</sup> ±15,32	58,04 <sup>a</sup> ±10,42	22,9 <sup>b</sup> ±12,71
D65 (16/02/10)	77,21 <sup>a</sup> ±18,62	70,97 <sup>a</sup> ±12,35	23,99 ±8,3
D78(01/03/10)	84,22 <sup>a</sup> ±19,88	76,03 <sup>a</sup> ±13,10	25,31 <sup>b</sup> ±13,49
D108(30/03/10)	97,13 <sup>a</sup> ± 22,3	89,13 <sup>a</sup> ±15,24	25,23 <sup>b</sup> ±11,64
D124(16/04/10)	109,63 <sup>a</sup> ±29,05	99,11 <sup>a</sup> ±17,1	28,25 <sup>b</sup> ±13,09
D138(30/04/10)	116,81 <sup>a</sup> ± 28,13	104,97 <sup>a</sup> ±19,24	31,55 <sup>b</sup> ±15,56

- Εκφράζει την Τυπική Απόκλιση (S). Οι όμοιοι εκθέτες στη ίδια μέρα δειγματοληψίας καταδεικνύουν την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων σε επίπεδο σημαντικότητας  $P \leq 0,05$ .

## ΜΕΣΑ ΒΑΡΗ ΚΥΠΡΙΝΩΝ



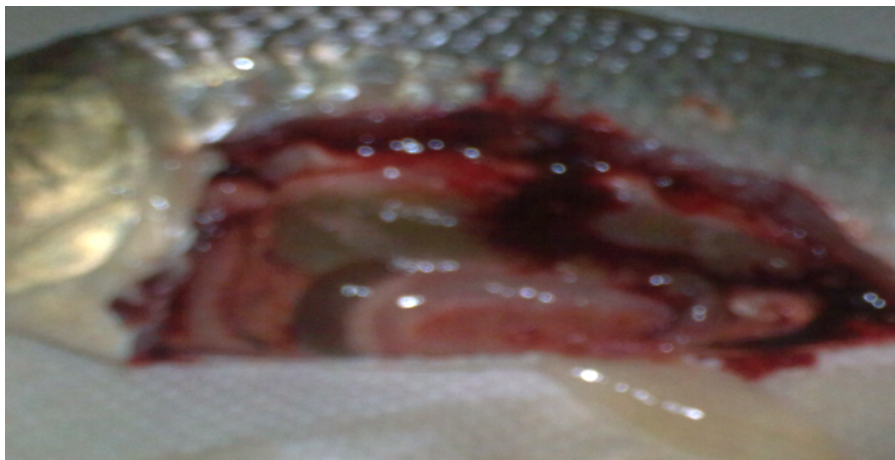
Διάγραμμα 4β

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. Ιστολογικά

#### *Υλικά και μέθοδοι*

Η διαδικασία των ιστολογικών εξετάσεων επικεντρώθηκε στο πεπτικό σύστημα και κύριως στον εντερικό σωλήνα και στο ήπαρ. Η όλη διαδικασία έλαβε μέρος στο εργαστήριο Ιχθυολογίας-Ιχθυοπαθολογίας του τμήματος Κτηνιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εξεργασία έλαβε χώρα στο τέλος του πειράματος και ελήφθησαν δείγματα από τις δεξαμενές Δ1, Δ2, Δ4, Δ5 και Δ8, Δ9. Τα ψάρια τοποθετούνται ζωντανά σε πλαστική σακούλα, που περιέχει νερό κατά το ¼ νερό και κατά το υπόλοιπο αέρα ή οξυγόνο. Στη συνέχεια τοποθετούνται σε μία δεύτερη σακούλα μαζί με πάγο, έπειτα σε έναν εξωτερικό περιέκτη (φορητό ψυγείο). Η ευθανασία πραγματοποιείται στη βάση του κρανίου, με τη βοήθεια του νυστεριού όπου γίνεται εγκάρσια τομή του νωτιαίου μυελού και συνεπώς θανάτωση του ζώου. Έπειτα από την θανάτωσή τους τα δείγματα εκπλαχνίστηκαν. (Εικόνα 1β) Στην συνέχεια μετά από το διαχωρισμό τους έντερο και ήπαρ τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς κύβους σκλήρωσης και έμειναν σε διάλυμα **φορμόλης 10%** για μία ημέρα (24h) ώστε να μονιμοποιηθούν. Στη συνέχεια στα δείγματα ακολουθήθηκε αφυδάτωση από **αλκοόλη 70%** και **100%** αντίστοιχα και στη συνέχεια ακολούθησε η διάγνωση με **ξυλόλη**. Στο τέλος η ξυλόλη αντικαθίσταται από **παραφίνη** σε μηχανήμα ιστοκινέτας. Οι κύβοι της παραφίνης, αφού στερεοποιηθεί με τον ιστό και κρυώσει, κόβονται στη συνέχεια με τη λεπίδα του μικροτόμου σε τομές πάχους περίπου **5μm**. Με τη βοήθεια του **υδατόλουτρου** οι λεπτές αυτές τομές τοποθετούνται πάνω σε αντικειμενοφόρες πλάκες. Οι ιστοί χρωματίζονται με διαλύματα χρωστικών που τους δίνουν διάφορες χρωιές, έτσι ώστε να είναι εύκολη η παρατήρησή τους στο μικροσκόπιο. Στη περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε η χρώση της **αιματοξυλίνης και εωσίνης**. Η διαδικασία της χρώσης δίνεται όπως στον παρακάτω πίνακα 13β.



**Εικόνα 1β.** Άνοιγμα κυπρίνου πειράματος Δ1 (XE)

### **Πίνακας 13β.** Χρώση αιματοξυλίνη και εωσίνη

---

Ξυλόλη	3' (10')
Ξυλόλη	3' (10')
Απόλυτος αλκοόλη	2' (10')
Απόλυτος αλκοόλη	2' (10')
Αλκοόλη 96°	1'
Αλκοόλη 96°	1'
Αλκοόλη 70°	1'
Νερό βρύσης	5'-15'
Αλκοολικό οξύ	1-2 εμβαπτίσεις
Νερό βρύσης (βαθύ μπλέ)	5'
Εωσίνη	10'
Νερό βρύσης	5'
Αλκοόλη 70°	1'
Αλκοόλη 96°	2'
Αλκοόλη 96°	2'
Απόλυτος αλκοόλη	2'
Απόλυτος αλκοόλη	2'
Ξυλόλη	2'
Ξυλόλη	5'

---

Στη συνέχεια τα δείγματα παρατηρήθηκαν σε μικροσκόπιο ανάλυσης 400 x. Παράλληλα έγινε και φωτογράφιση των δειγμάτων επί του μικροσκοπίου με ψηφιακή μηχανή ανάλυσης τύπου Karl Zhiess υψηλής ευκρίνειας.

## 2.2. Αποτελέσματα ιστολογικών

### *α. Μακροσκοπικός έλεγχος*

Παρατηρήθηκαν, έπειτα από μακροσκοπικό έλεγχο κατά την εκσπλάχνιση, σε αρκετά μεγάλη έκταση, συμφύσεις του εντέρου με το ήπαρ το οποίο και επικάλυπτε σε μεγάλο ποσοστό. Αυτό σε πρώτη φάση παρατηρήθηκε σε όλα τα ψάρια που ανοίχτηκαν από όλες τις δεξαμενές και

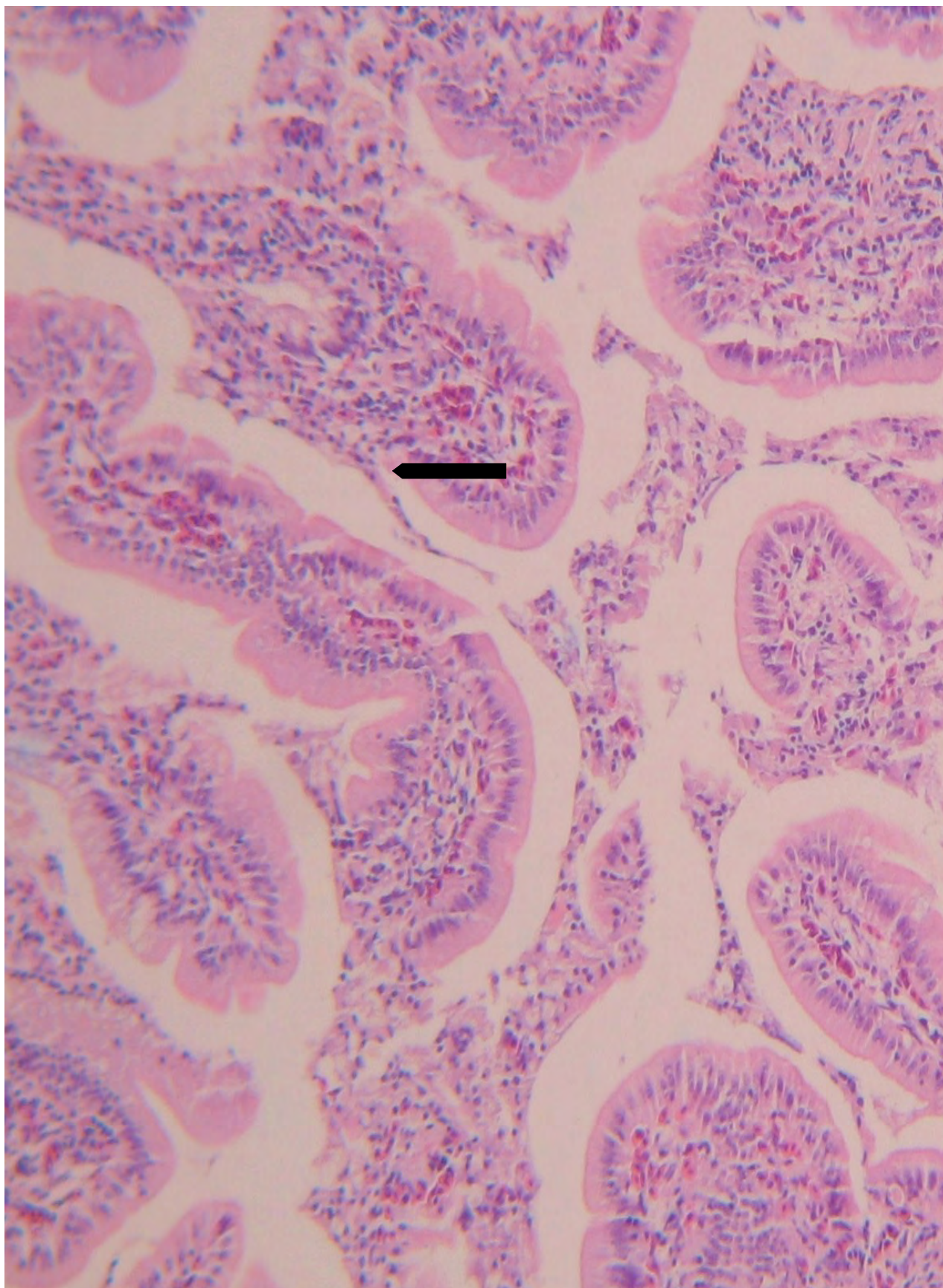


στους μάρτυρες. Το ήπαρ ήταν εύθραυστο κατά την αφή και ορώδες στην υφή του με κάλυψη σε χολή και με έντονες συμφύσεις στο σπλήνα. Ο διαχωρισμός τους ήταν αρκετά δύσκολος. Μια ελαφριά διαφορά έγινε αντιληπτή στη σύγκριση του ήπατος μεταξύ των ψαριών των μαρτύρων και των υπολοίπων δεξαμενών του πειράματος τόσο στην συνοχή του ήπατος που ήταν πιο καλή στην πρώτη περίπτωση όσο και ο χρωματισμός του ως πιο ερυθρός, σε αντίθεση με την ωχρότητα που παρουσίαζαν τα υπόλοιπα δείγματα. Η παρουσία επίσης του παγκρέατος δεν ήταν ευκόλως ορατή παρά μόνο μικροσκοπικά. Τέλος σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν φανερή και η παρουσία του ψευδοστομάχου κατά το πρώτο τρίτο του εντερικού σωλήνα καθώς και η παρουσία των γονάδων (λόγω εποχής) που ζυγίστηκαν (όπου υπήρχαν).

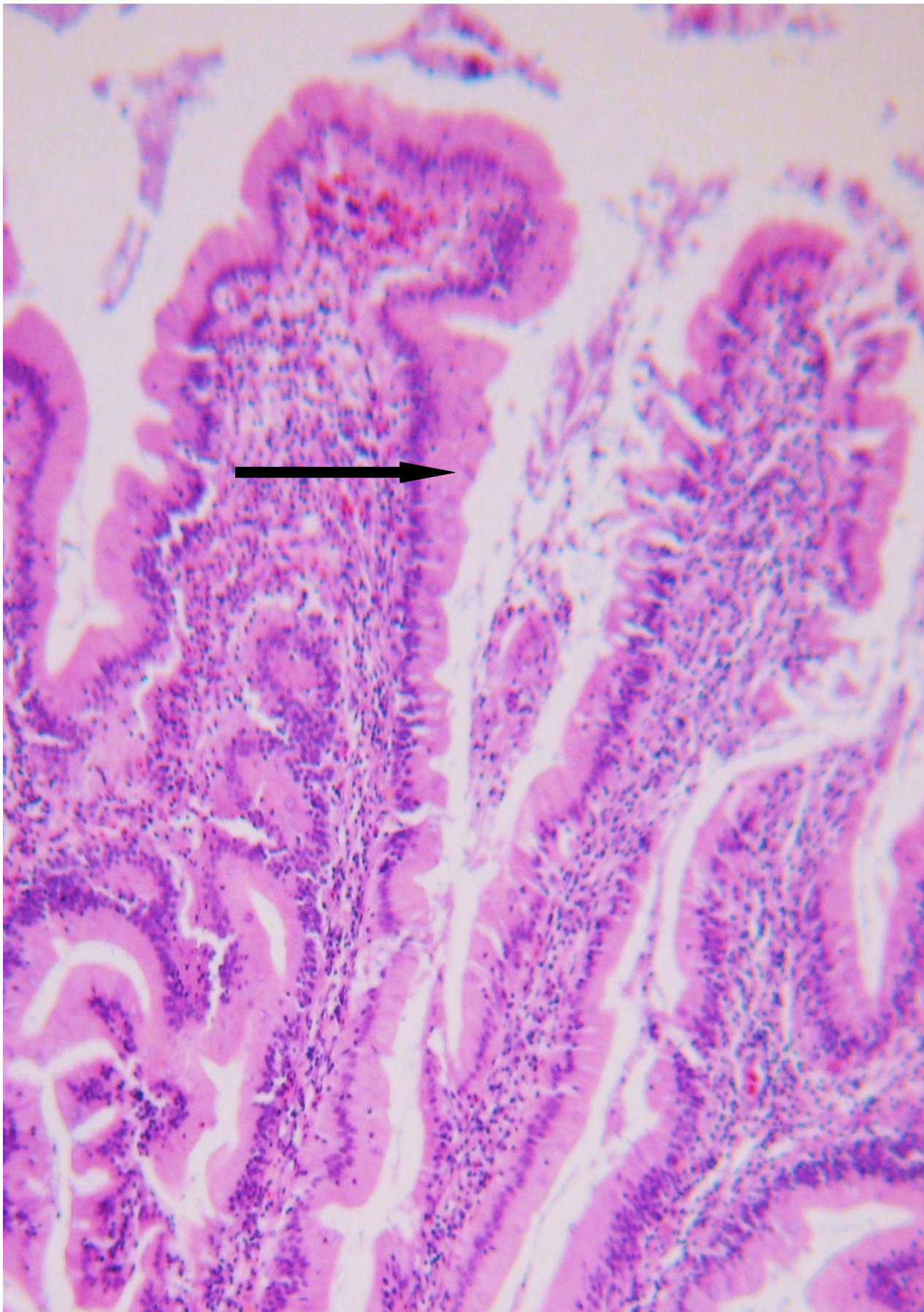
### *β. Μικροσκοπικός έλεγχος*

Στο οπίσθιο έντερο (παχύ) από το δείγμα της δεξαμενής Δ1 της πρώτης ομάδας, που ταίστηκε με χαμηλότερη ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης, παρατηρήθηκαν συμφύσεις (συγκολλήσεις) λαχνών του εντέρου και οίδημα (βέλος), αποκόλληση του επιθηλίου με φλεγμονή του υποβλεννογόνου ως σύμπτωμα καταρροϊκής εντερίτιδας (Εικόνα 2β). Η παρατήρηση αυτή δεν ήταν μεμονωμένη αλλά κατά μήκος του οπισθίου εντέρου. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3β) στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου (λεπτό και πάχυνση στομάχου) παρατηρήθηκε συγκόλληση λαχνών (βέλος). Στο ήπαρ του δείγματος της Δ1 δεξαμενής παρατηρήθηκε λιπώδης εκφύλιση και νέκρωση κυττάρων η οποία ήταν έντονα εμφανής (Εικόνα 4β). Όμοια και στο ήπαρ δείγματος της Δ3 δεξαμενής, που διατράφηκε με υψηλότερο ποσοστό σε άλευρο ελαιοκράμβης, παρατηρήθηκε λιπώδης εκφύλιση σε αρχικό στάδιο, χωρίς νεκρώσεις κυττάρων ήπατος (Εικόνα 5β). Αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα της εκχύλισης του λίπους που έγινε σε ήπαρ και από τις δύο ομάδες αφού το ολικό λίπος ξεπερνούσε αρκετά το 5%. Στα δείγματα λοιπόν του πειράματος, η περιεκτικότητα σε λιπίδια ήπατος ήταν από 20 έως 30% υψηλότερη από αυτό της ομάδας ελέγχου (μάρτυρες). Η σύνθεση λιπιδίων συκωτιού έως 5% του ολικού βάρους σε ιστό ήπατος μπορεί να θεωρηθεί κανονική. Εάν αυτό το όριο ξεπερνιέται, ο εκφυλισμός συκωτιού λιπιδίων γίνεται εμφανής, από τα ιστοπαθολογικά συμπτώματα όπως η διόγκωση του κυττάρου, η αύξηση των σταγονιδίων του λίπους στο κυτταρόπλασμα και η εξάρθρωση του πυρήνα από το κέντρο του κυττάρου (Cowey 1978, Lin Ding *et al* 1989). Στην εικόνα 6β που αφορά το οπίσθιο τμήμα του εντέρου (παχύ έντερο) σε κυπρίνο της Δ3 δεξαμενής παρατηρήθηκε επίσης καταρροϊκή εντερίτιδα ενώ επίσης φάνηκε συγκόλληση των λαχνών, αποκόλληση επιθηλίου και οίδημα. Τέλος στην εικόνα 7β που αφορά το πρόσθιο μέρος του εντέρου σε ψάρι της Δ3 ομάδας έχουμε φλεγμονή και συγκόλληση λαχνών καθώς και αύξηση λεμφοκυττάρων. Συμπτώματα λιπώδους εκφύλισης τέλος φάνηκαν και στο ήπαρ μαρτύρων από την Δ8 δεξαμενή που ωστόσο έχει να κάνει με την κακής ποιότητας τροφή λόγω κακής αναλογίας σε υδατάνθρακες και ολικές αζωτούχες ουσίες (υψηλοπρωτεϊκή).

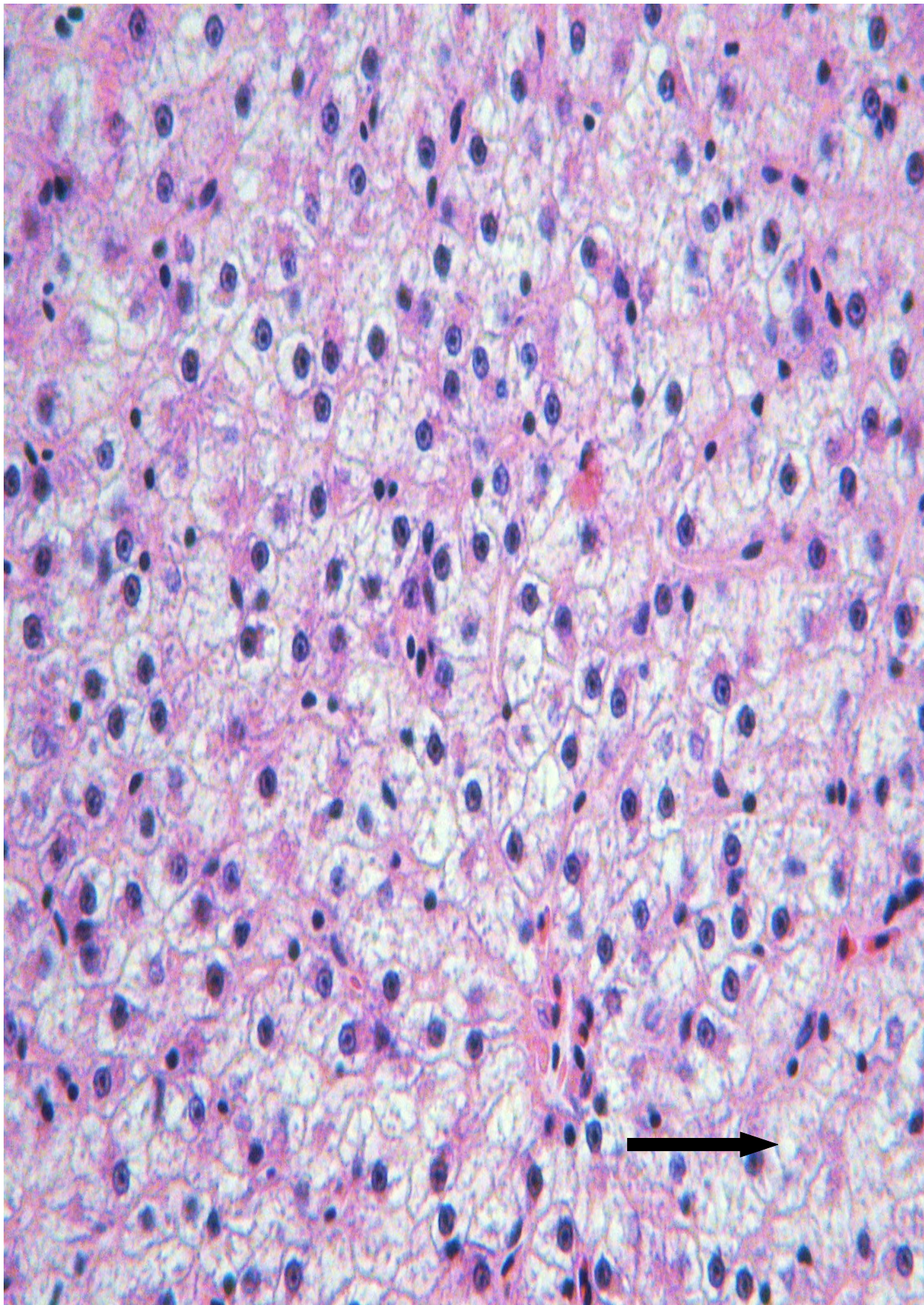
**Εικόνα 2β.** Ιστολογικό τμήματος οπισθίου (παχέως) εντέρου κυπρίνου Δ1 δεξαμενής



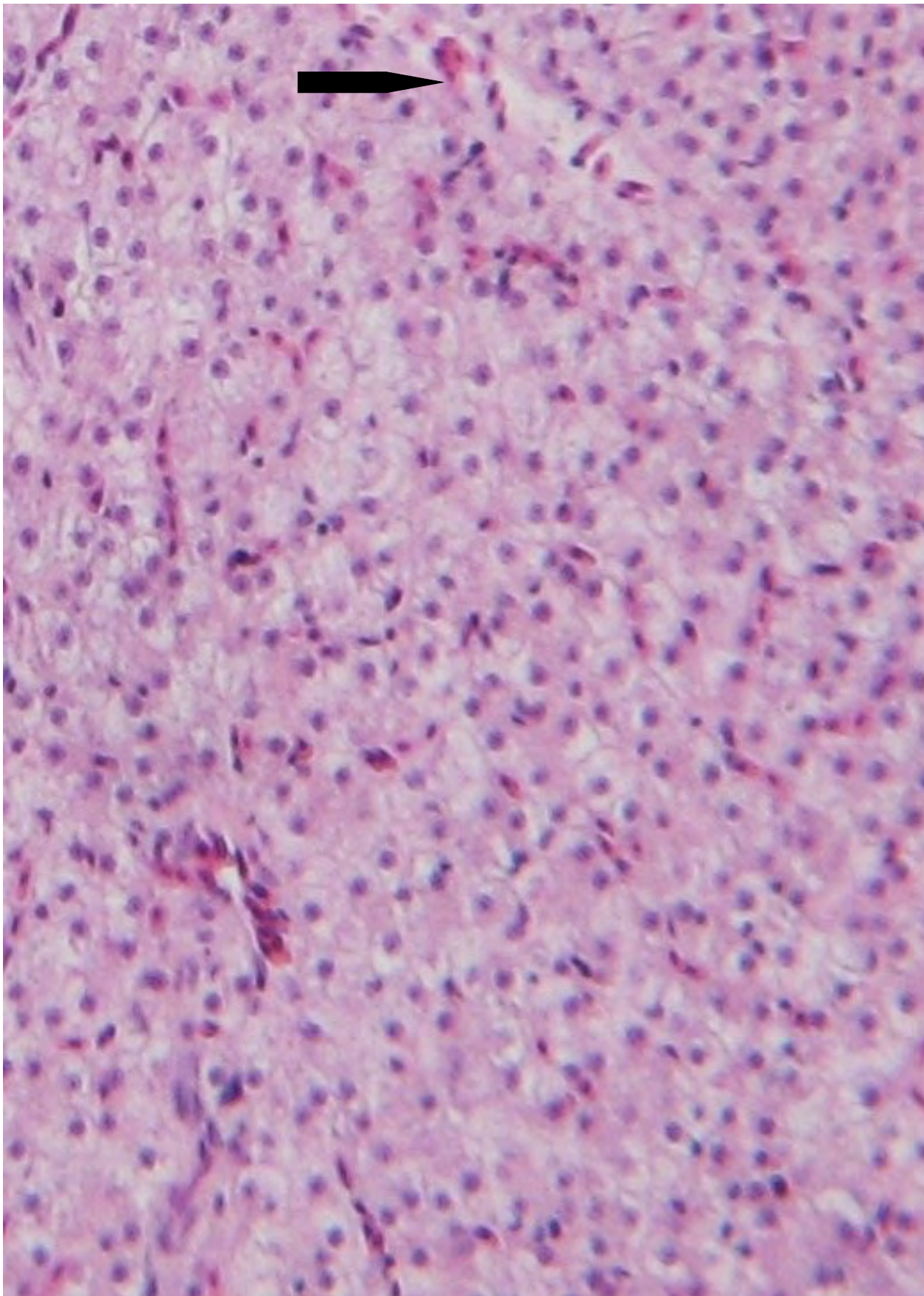
**Εικόνα 3β.** Ιστολογικό τμήματος προσθίου (λεπτού) εντέρου κυπρίνου Δ1 δεξαμενής



**Εικόνα 4β.** Ιστολογικό τμήματος στο ήπαρ (συκώτι) κυπρίνου Δ1 δεξαμενής



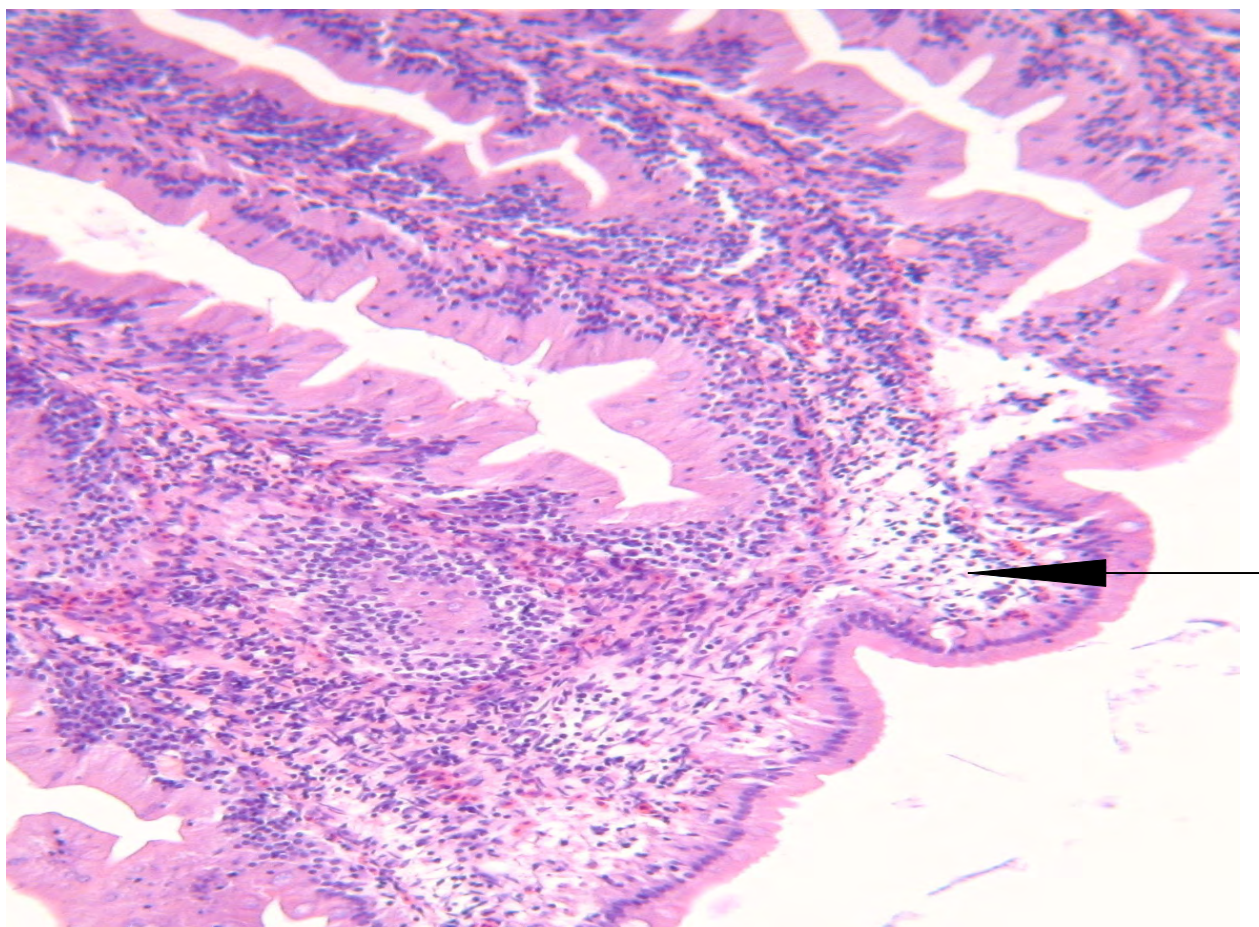
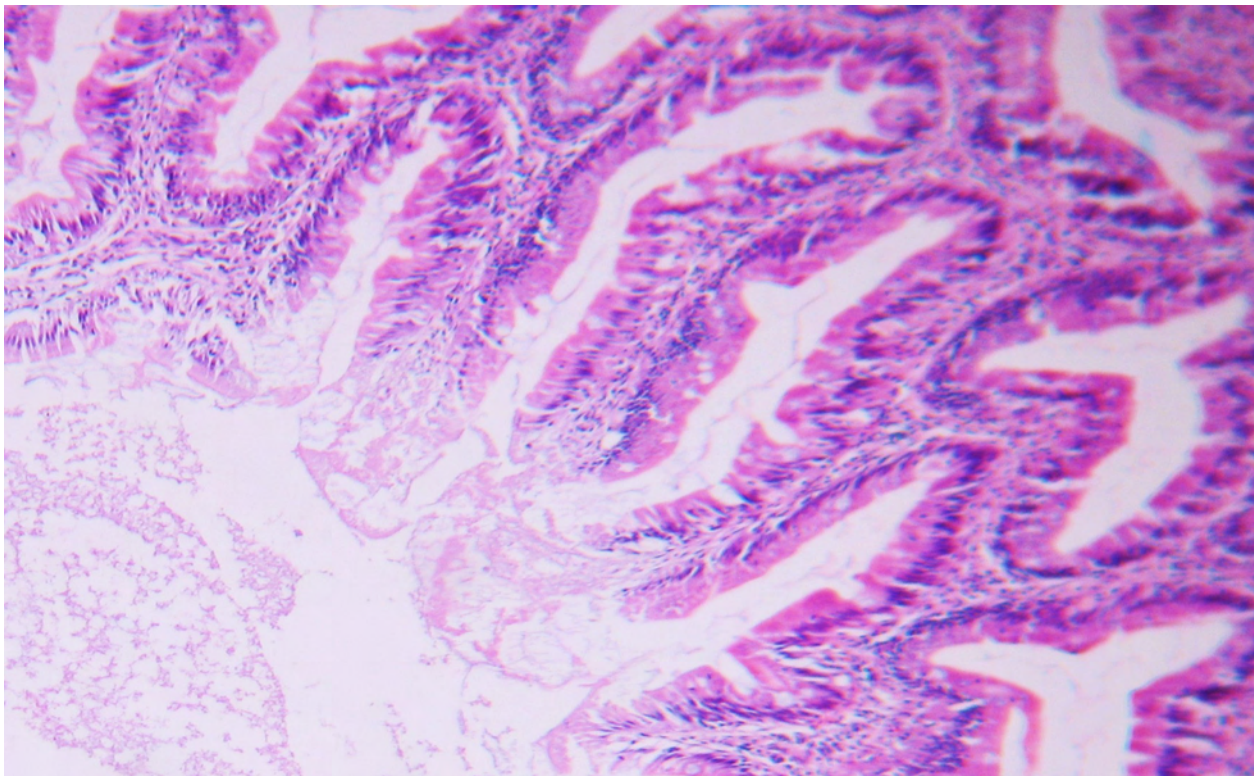
**Εικόνα 5β.** Ιστολογικό τμήματος στο ήπαρ κυπρίνου Δ3 δεξαμενής



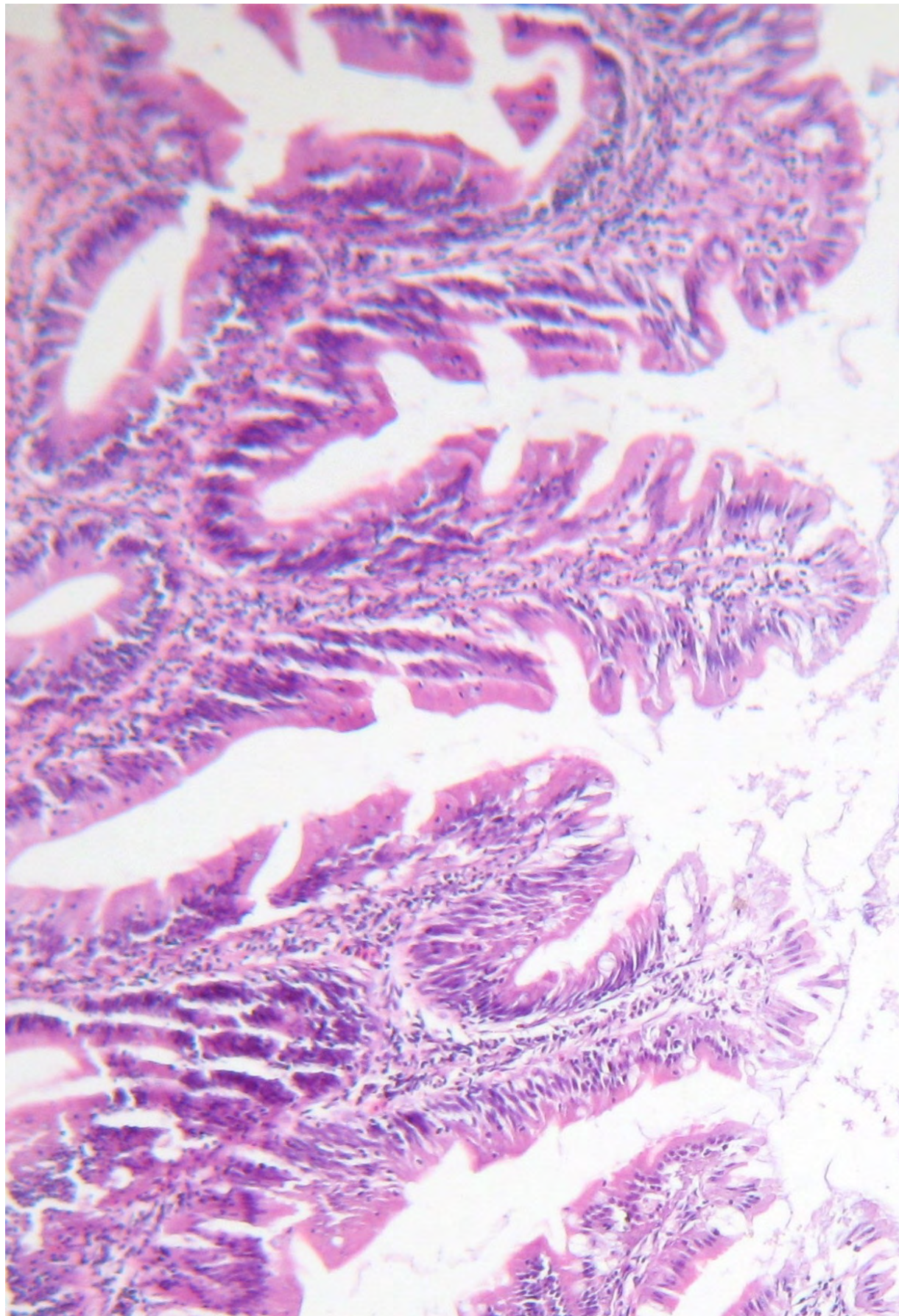
**Εικόνα 6β.** Ιστολογικό τμήματος οπισθίου (παχέως) εντέρου κυπρίνου Δ3 δεξαμενής



**Εικόνα 7β.** Ιστολογικό τμήματος στο πρόσθιο (λεπτό) έντερο κυπρίνου Δ3 δεξαμενής

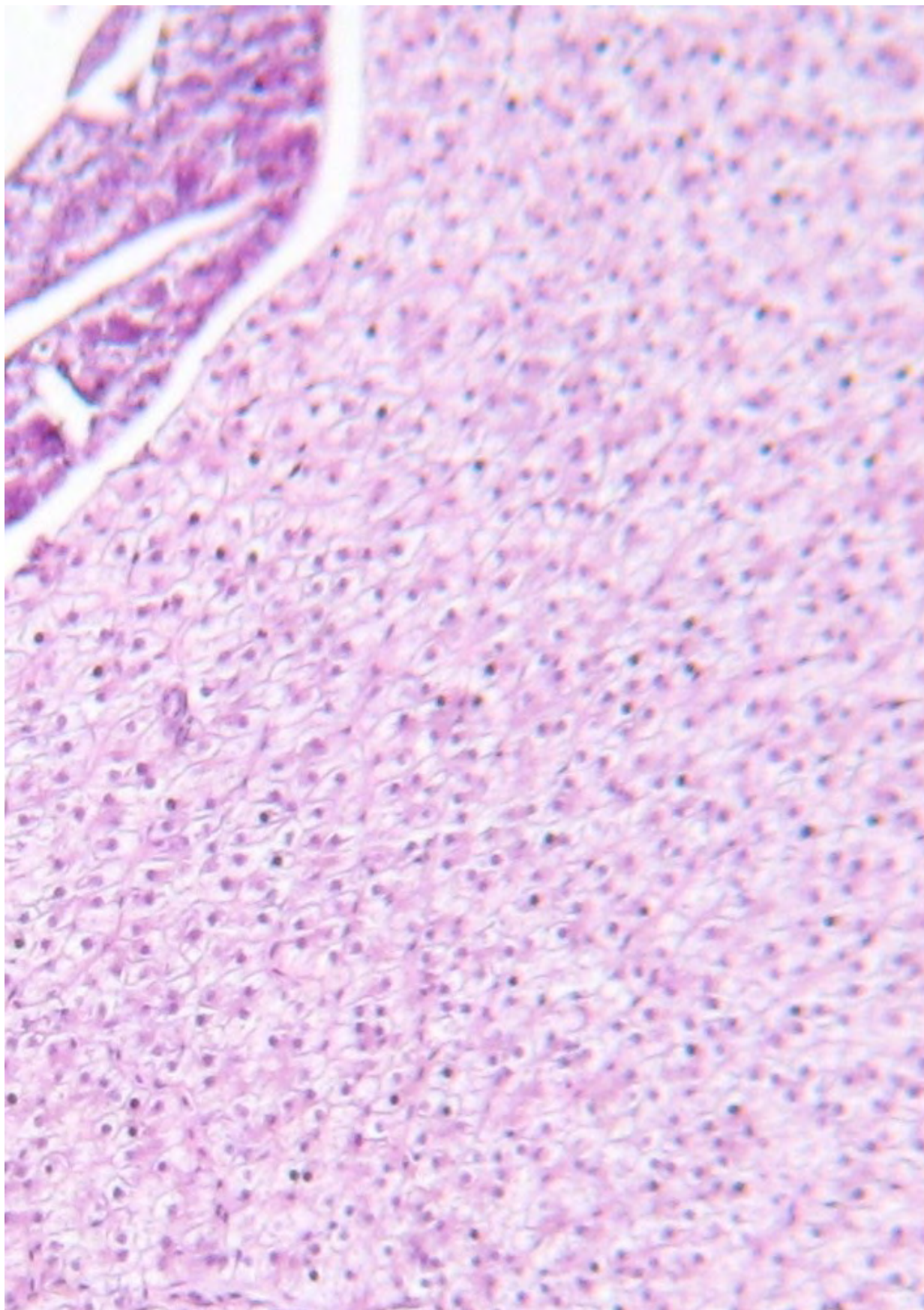


**Εικόνα 8β.** Ιστολογικό τμήματος οπισθίου (παχέως) εντέρου κυπρίνου Δ8 δεξαμενής Μαρτύρων





**Εικόνα 9β.** Ιστολογικό τμήματος στο ήπαρ κυπρίνου Δ8 δεξαμενής Μαρτύρων



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Εισαγωγή

Οι αναλύσεις των λιπαρών οξέων τόσο στο ήπαρ όσο και στη σάρκα των ψαριών έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Ιχθυολογίας και Ιχθυοπαθολογίας του τμήματος της Κτηνιατρικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Καρδίτσα. Απο κάθε δείγμα που λήφθηκε νοπός ιστός, ζυγιζόταν με ακρίβεια εκατοστού του γραμμαρίου και διατηρούνταν σε διάλυμα φορμόλης 10% στους  $-20^{\circ}\text{C}$  για την περαιτέρω διαδικασία.

### 3.1. Αναλώσιμα και Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Κατά την διάρκεια του πειραματισμού στις αναλύσεις των Λιπαρών Οξέων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω χημικά αναλώσιμα

- Χλωροφόρμιο (CHLOROFORM)
- Μεθανόλη (METHANOL)
- Βουτυλο-υδροξυ-τολουόλιο (TOLUENE)
- Άλας Χλωριούχου Κάλιου (KCl)
- Θεϊκό Οξύ (πυκνό) (SULFURIC ACID 96%)
- Εξάνιο (HEXANE)
- Διαιθυλαιθέρας (DIETHYL-ETHER)
- Οξικό οξύ (GLACIAL ACETIC ACID)
- Απεσταγμένο νερό (CLEAR WATER 100%)
- Καθώς και μίγμα αιθανόλης (ETHANOL) – ακετόνης (ACETON) (1:1) για τον καθαρισμό των γυάλινων υλικών απο τυχόν υπολλείματα στο τέλος κάθε εφαρμογής.

Όλα τα παραπάνω χημικά ήταν σε καθαρότητα "**Reagent Grade**".

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω συσκευές και αναλώσιμα υλικά.

### Συσκευές

- Ομογενοποιητής από το Εργαστήριο της Φαρμακολογίας και Τοξικολογίας (Homogenizer) Ultra-Turrax T25-S5 (Γερμανία)
- Ξηραντήρας 12lt από το Εργαστήριο Διατροφής Ζώων (dessicator)
- Απαγωγός Αερίων

- Υδατόλουτρο
- Ηλεκτρονική ζυγαριά από το Εργαστήριο Ιχθυολογίας και Ιχθυοπαθολογίας

### Αναλώσιμα

- Διηθητικό χαρτί Whatman No 1 (διάμετρος μέχρι 10cm)
- Πλάκες πλαστικές πυριτίου (TLC GLASS SILICA GEL, G COATED PLATES)
- Διαχωριστικές φλάσκες με στρόφιγγα (separation funnel)
- Στήριγμα για Διαχωριστικές φλάσκες
- Φιαλίδια (5-15 ml) με δυνατότητα πωματισμού
- Λεπτό διηθητικό χαρτί
- Γυάλινο χωνί
- Γυάλινα δοχεία των 2lt, 200ml, 100ml, 50ml
- Πιπέτες γυάλινες των 0,1ml, 0,5ml, 2ml, 10ml

### 3.2. Αναλύσεις Λιπαρών Οξέων στους Ιστούς

Ο προσδιορισμός των λιπαρών οξέων στο μυϊκό ιστό και στο ήπαρ του κοινού κυπρίνου έλαβε χώρα σε δύο φάσεις **α.** Με την μέθοδο Folch (Folch *et al.* 1957) με την εκχύλιση και τον διαχωρισμό ώστε να προσδιοριστεί κατά βάρος το ολικό λίπος των ιστών και **β.** με την εστεροποίηση αυτών με την μέθοδο Salle-Adams (Salle & Adams 1970). Έπειτα ακολούθησε ο ποιοτικός προσδιορισμός των λιπαρών οξέων με αέριο χρωματογράφο μάζας στο εργαστήριο Ελαιούχων και Αρωματικών Φυτών του τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισας.

#### α. Περιγραφή της Μεθόδου Folch

Αφού λαμβάνουμε 0,5 έως 2,0 γρ νωπού δείγματος (το οποίο και έχουμε ζυγίσει επακριβώς) το τοποθετούμε σε ογκομετρικό δοχείο ή σωλήνα χωρητικότητας τουλάχιστον των 30-50ml. Προσθέτουμε 20πλάσια (του αρχικού βάρους δείγματος) ποσότητα διαλύματος Folch, Chloroform: Methanol: Toluene (200:100:0,01 ml/ml/gr) και ομογενοποιούμε για περίπου 3 λεπτά σε ομογενοποιητή (ανάλογα με την σκληρότητα του ιστού) στις 12.500 στροφές/λεπτό. Σε περίπτωση που ο ιστός είναι βαρύτερος του 1γρ χρησιμοποιούμε 17πλάσια ποσότητα διαλύματος Folch. Η ομογενοποίηση γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία (σε περιβάλλον τριμμένου πάγου).

Το ομογενοποιημένο δείγμα μαζί με το διάλυμα ομογενοποίησης φιλτράρεται σε διαχωριστική φλάσκα (separation funnel) με την βοήθεια χωνιού και διηθητικού χαρτιού Whatman No 1. Στην διαχωριστική φλάσκα (separation funnel) προσθέτουμε διάλυμα 0,88% (v/v) KCl σε ποσότητα περίπου 0,2 φορές τον όγκο του διηθήματος (2-3 ml). Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία καθαρισμού με διάλυμα 0,88% (v/v) KCl τουλάχιστον μία ακόμα φορά για να «καθαρίσουμε» την επίφαση από τυχόν λιπίδια και να τα «μεταφέρουμε» στην υπόφαση. Ο σωλήνας (φλάσκα) πωματίζεται και αναταράσσεται ισχυρά για 30" και αφήνεται σε ηρεμία για 1 λεπτό ώστε να

διαχωριστούν οι στοιβάδες. Τοποθετούμε την υπόφαση (που περιέχει τα λιπίδια) σε φιαλίδιο όγκου τουλάχιστον 50 ml το οποίο όμως έχουμε πρωτίτερα ζυγίσει με ακρίβεια και το οποίο έχει την δυνατότητα πωματισμού.

Το φιαλίδιο πωματισμού (που περιέχει την υπόφαση) το τοποθετούμε σε υδατόλουτρο σε θερμοκρασία των 75°C [ή σε ρεύμα αζώτου (Oxygen Free Nitrogen – OFN)] ώστε να εξατμιστεί το διάλυμα των διαλυτών και να απομείνουν μόνο οι λιπαρές ουσίες της υπόφασης. Αφού εξατμιστούν οι διαλύτες, τοποθετούμε το φιαλίδιο (με τις περιεχόμενες λιπαρές ουσίες) σε ξηραντήρα (dessicator) ώστε να επανέλθει σε θερμοκρασία δωματίου (περίπου 20°C) και το ζυγίζουμε. Η διαφορά βάρους αποτελεί και το βάρος των εκχυλισθέντων λιπαρών ουσιών από το αρχικό βάρος του ιστού που ζυγίσαμε. Για την περαιτέρω επεξεργασία των λιπαρών ουσιών (ανάλυση λιπαρών οξέων) επανατοποθετούμε στο φιαλίδιο μικρή ποσότητα (1-2 ml) μίγματος hexane: diethyl ether: glacial acetic acid (80:20:2 by vol.) ή chloroform και το αποθηκεύουμε στους -20°C.

### *β. Εστεροποίηση των εκχυλισθέντων λιπαρών οξέων. (Salle & Adams).*

Αφού αποθηκεύτηκε σε γυάλινα φιαλίδια το λίπος με το μίγμα hexane: diethyl ether: glacial acetic acid (80:20:2 by vol.) ή με chloroform στους -20°C στην συνέχεια προσθέτουμε μίγμα Folch όγκου 1,5ml, θειικό οξύ σε διάλυμα μεθανόλης 1% (v/v) όγκου 1,5ml και τέλος διάλυμα 1% απο το C-13:00 (tridecanoic acid) σε ποσότητα 1ml. Έπειτα πωματίζουμε καλά το φιαλίδιο και το βάζουμε στο υδατόλουτρο στους 50°C για 16 ώρες ώστε να πραγματοποιηθεί η μεθυλίωση των λιπαρών οξέων της εκχύλισης. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία τα δείγματα τα τοποθετούμε για τον περαιτέρω διαχωρισμό τους σε πολικά και μή, λιπαρά οξέα στις πλάκες πυριτίου.

Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα σε γυάλινο δοχείο των 2lt με γυάλινο καπάκι όπου τοποθετούμε την πλαστική πλάκα πυριτίου (περιμετρικά επί του δοχείου) με τα μεθυλωμένα λιπαρά σε διάλυμα μίγματος εξανίου (hexane): διαιθυλαιθέρα (diethyl ether): οξικού οξέος (glacial acetic acid) (80:20:2) των 150-200ml, στον απαγωγό αερίων ώστε να φανεί ο διαχωρισμός των μεθυλωμένων λιπαρών οξέων. Αφού ξήσουμε την επιφάνεια της πλαστικής πλάκας πυριτίου με τα μεθυλωμένα λιπαρά στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την μέθοδο Folch και προσθέτουμε τέλος 0,5ml εξανίου σε πωματισμένο γυάλινο φιαλίδιο των 5ml για την περαιτέρω διαδικασία στον αέριο χρωματογράφο μάζας (Christie 1982).

### *γ. Αποτελέσματα*

Κατά την διαδικασία της ολοκλήρωσης της μεθόδου Folch όπου έχουμε την εκχύλιση των ολικών λιπαρών οξέων και πρίν την διαδικασία της εστεροποίησης προσδιορίστηκε ποσοτικά το βάρος των λιπαρών οξέων επί του ιστού ήπατος και σάρκας. Έτσι στο ήπαρ των ψαριών που ταίστηκαν με 24% (χαμηλό) σε άλευρο ελαιοκράμβης το μέσο ποσοστό λίπους επί του ιστού έφτασε το 46,19%. Στην ομάδα με τα ψάρια που ταίστηκαν με το υψηλότερο ποσοστό σε ελαιοκραμβάλευρο (28%), το ποσοστό αυτό ήταν μικρότερο και πλησίασε στο 33,25%. Τέλος στους μάρτυρες το μέσο ποσοστό λίπους βρέθηκε να είναι πιο χαμηλά στο 5,71%.

Όμοια προσδιορίστηκε και το μέσο ποσοστό ολικών λιπαρών που εκχυλίσουμε στην σάρκα της πρώτης ομάδας με χαμηλότερα ποσοστά σε άλευρο ελαιοκράμβης στο 9,26%. Στην άλλη ομάδα το ποσοστό αυτό έφτασε το 2,1% , ενώ στους μάρτυρες στο 6,32%.

Επίσης σε ότι αφορά τις τροφές που αφορούν το πείραμα με την παραπάνω μέθοδο Folch, το ποσοστό για το υψηλότερο σε άλευρο ελαιοκράμβης έφτασε το 19,38% και για το χαμηλότερο σε άλευρο ελαιοκράμβης το ποσοστό λίπους στην τροφή αυτή έφτασε το 19,8%, δηλαδή περίπου ισοδύναμες τροφές σε ολικό ποσοστό λίπους.

Ακολουθεί το συμπληρωματικό με τα αποτελέσματα του GCMS...

## Συζήτηση

Τα παρασκευασμένα σιτηρέσια είχαν ως σκοπό να ελέγξουν την ανοχή του κυπρίνου σε διάφορα επίπεδα ελαιοκράμβης διότι η ελαιοκράμβη περιέχει υψηλό επίπεδο άπεπτων ινωδών ουσιών και κάποιων λιπαρών οξέων βλαπτικών για την υγεία όπως το ελαικό, τα κορεσμένα λιπαρά με πιο επικίνδυνα για την υγεία τα trans – λιπαρά και το ερουκικό οξύ (FAO 2007). Ακόμη λόγω των αντιθρεπτικών παραγόντων όπως των γλυκοσιδασών και της βλάβης που προκαλεί στο θυροειδή αδέν (Ferguson 2006), του ερουκικού οξέως, του φυτικού οξέος και των ταννινών μπορεί επίσης να προκαλέσει ηπατική βλάβη (Pearson *et al* 1979). Επίσης μειώνουν την απόδοση λόγω χαμηλής της πρόσληψης σε παραγωγικά ζώα (Kyriazakis 1992). Ωστόσο αυτοί οι αντιθρεπτικοί παράγοντες δεν φαίνεται να μπορούν να εξαιρεθούν με τη θέρμανση (Lardy 1994). Κάποιες ερευνητικές εργασίες ανέφεραν ότι δεν διαφέρουν σε επιδόσεις όταν το άλευρο ελαιοκράμβης δίνονταν σε μικρές ποσότητες στα παραγωγικά ζώα όπως τα βοοειδή γαλακτοπαραγωγής, τα χοιρινά, τις χήνες και στην παραγωγή σε βόειο κρέας (Cheeke 1991). Στα ψάρια οι Davies και συν. ανέφεραν ότι σε ισοπρωτεϊνικές τροφές που δώθηκαν σε τιλάπιες το ποσοστό σε άλευρο ελαιοκράμβης δεν είχε αρνητική επίδραση στο σιτηρέσιο αν δεν ξεπερνούσε το 15% στην τροφή, στην αντικατάστασή της από τη σόγια. Όμως άλλοι συγγραφείς αναφέρουν ότι επιτεύχθηκε καλή ανάπτυξη τόσο στην πέστροφα όσο και στο σολομό όταν το άλευρο ελαιοκράμβης είχε συμπεριληφθεί σε επίπεδα έως και στο 30% της διατροφής υπό τον όρο ότι η περιεκτικότητα των γλυκοσιδασών της ελαιοκράμβης να είναι κάτω των 2.65  $\mu\text{moles/g}$  (300  $\mu\text{g/g}$  ως ισοκυανοθειικό βουτύλιο 3) και έως το 31% στη διατροφή του γατόψαρου (Higgs 1983). Η λήψη των επιθυμητών αποτελεσμάτων της εκτροφής ψαριών ρυθμίζεται από την εφαρμογή των διατροφών που έχουν το βέλτιστο ισορροπία από την άποψη της ποσότητας και της ποιότητας θρεπτικά συστατικά. Κατά τη διάρκεια των ετών, η έρευνα στη διατροφή κυπρίνων έχει αποτελέσει τη βάση για τον προσδιορισμό των συγκεκριμένων θρεπτικών απαιτήσεων των ειδών όπως και πολλές πτυχές που συσχετίζονται με ταΐζοντας, συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς και της πρόσληψης της τροφής. Οι θρεπτικές απαιτήσεις των ψαριών είναι είδη συγκεκριμένες και αλλάζουν με την ηλικία (ή μέγεθος-βάρους), αλλά εξαρτώνται επίσης από τη φυσιολογική κατάσταση των ψαριών (Jobling 1994). Ως εκ τούτου λοιπόν σχεδιάστηκαν να είναι ισο-πρωτεϊνικά και ισο-θερμιδικά και με τον ίδιο λόγο **Πρωτεΐνης προς Ενέργεια**. Ακόμα στο σχεδιασμό των σιτηρεσίων πήραμε ως δεδομένο την φυσιολογία του πεπτικού συστήματος του κυπρίνου με την προσθήκη ινωδών ουσιών και λόγω ελαιοκραμβαλεύρου ώστε να μην ξεπερνά το 6%. Συνήθως γίνεται αποδεκτό από την διεθνή βιβλιογραφία ότι οι διατροφές κυπρίνων δε συνίσταται να περιέχουν ποσότητες σε ινώδες ουσίες παραπάνω από 5.5%, αλλά σύμφωνα με τις Αμερικανικές συστάσεις σίτισης ζωικού κεφαλαίου (NRC 1993) αυτό δεν μπορεί να υπερβεί το 8%.

Μελέτες λοιπόν για τη χρήση των φυτικών προϊόντων ως πηγή λευκώματος στην εισαγωγή του αλεύρου ελαιοκράμβης στη διατροφή του κυπρίνου πραγματοποιήθηκαν από τον Dabrowski και Kozlowska (1981) και από τους Mejza και Mejza (1986). Τα αποτελέσματα αυτών έδειξαν ότι ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσει αυτό το συστατικό αποτελεσματικά σε ποσότητες μέχρι και 28%.

Τα επίπεδα ελαιοκράμβης και στις δύο τροφές δεν ανέστειλαν την αύξηση των ψαριών όπως αυτό επιβεβαιώθηκε και από την σύγκριση των δεικτών αύξησης μεταξύ τους τόσο στο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής στα πειράματα αφού το ποσοστό επι του σιτηρεσίου δεν ξεπερνούσε το 24% για το χαμηλότερο και 28% για το υψηλότερο σε άλευρο (Πίνακας 1β). Στατιστικές διαφορές επίσης δεν παρουσιάστηκαν και κατά τις μετρήσεις βάρους που επιβεβαιώνεται και από τον Mazurkiewicz (2009) σε νέους κυπρίνους και αυτό κυρίως για το σιτηρέσιο με χαμηλή ποσότητα σε ελαιοκράμβη. Σύμφωνα με το παραπάνω Διάγραμμα 4β, τα μέσα βάρη των ιχθυδίων κυπρίνου ξεκίνησαν από μία ελάχιστη διαφορά μέσου βάρους στις ομάδες του πειραματικού ενώ οι μάρτυρες είχαν μια μέση διαφορά βάρους 24%. Στο τέλος του πειράματος, οι διαφορές τόσο στην ομάδα με χαμηλή ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης 24%, όσο και στην ομάδα με την υψηλή ποσότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης 28% δεν ανέδειξαν σημαντική στατιστική διαφορά σε σχέση με την ομάδα των μαρτύρων όπου η διαφορά αυτή εκτινάσσεται στο 73% και 70% αντίστοιχα. Η έλλειψη της στατιστικής διαφοράς μεταξύ των βαρών των δύο πειραματικών επεμβάσεων μπορεί ωστόσο να οφείλεται και στην μεγαλύτερη διακύμανση του μέσου βάρους που είχε εξ' αρχής ο πληθυσμός της χαμηλής σε ποσότητα ελαιοκράμβης και η οποία διακύμανση δεν επέτρεψε την στατιστική έκφραση της διαφοράς βάρους. Είναι πιθανόν η χαμηλή ελαιοκράμβη να είναι πιο επωφελής για το ψάρι, διότι το αντίστοιχο σιτηρέσιο περιέχει λιγότερες ινώδεις ουσίες και λιγότερο ερουκικό οξύ όπως άλλωστε επιβεβαιώνεται και από τον Mazurkiewicz (2009) αφού τοποθετεί το ποσοστό 24% σε άλευρο ελαιοκράμβης επί του σιτηρεσίου στο **"optimum"** της απόδοσης. Εντούτοις αυτή η ωφέλεια δεν έγινε στατιστικά εμφανής, παρά μόνο στα τελικά βάρη.

Στο σιτηρέσιο συμπεριλήφθησαν και δύο τύποι σπορελαίου, το σογιέλαιο κατά 4% και το αραβοσιτέλαιο κατά 2,5%. Και τα δύο ημιξηραινόμενα έλαια, τα οποία έχουν μικρή περιεκτικότητα σε λιπελαϊκό οξύ. Η σόγια περιέχει έλαιο κατά 20%, που σχεδόν όλο εξάγεται όταν συνθλίβονται οι σπόροι για να πάρουμε ζωοτροφή, που είναι ο κύριος σκοπός για τον οποίο καλλιεργείται η σόγια. Όπως όλα τα φυτικά έλαια, το λάδι σόγιας είναι ελεύθερο χοληστερόλης και όπως τα περισσότερα, είναι φτωχό σε κορεσμένο λίπος. Το σογιέλαιο έχει επίσης ένα μοναδικό μείγμα συγκεκριμένων λιπαρών οξέων (ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και ωμέγα-6 λιπαρά οξέα). Τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα στο σογιέλαιο είναι παρόμοια, αλλά όχι ίδια, με εκείνα που βρίσκονται στο ιχθυέλαιο (eufic 1998). Το αραβοσιτέλαιο εξάγεται από τα φύτρα του αραβόσιτου, που αποχωρίζονται από τους κόκκους κατά την κατεργασία τους για την παραλαβή του αμύλου. Περιέχουν 40-50% έλαιο (Κυριτσάκης 1991). Η ύπαρξη τους στο σιτηρέσιο όπως και των υπολοίπων στοιχείων μας δίνει την δυνατότητα να μπορούμε να εκτιμήσουμε αν η τροφή που προσλαμβάνουν οι κυπρίνοι μπορεί να περάσει στο βρώσιμο μυϊκό ιστό με παράλληλη ωφέλεια αυτών στον άνθρωπο καταναλωτή. Αυτό βέβαια φαίνεται από τις μετρήσεις της αέριας φασματογραφίας (συμπληρωματικό μέρος) κυρίως ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά στον μυϊκό ιστό αλλά και στο ήπαρ όπου αναμένονται τα αποτελέσματα να επηρεάσουν τα συμπεράσματα για την ύπαρξη ή μη, σε συνδιασμό με την ιστολογική εξέταση, της λιπώδους εκφύλισης.

Η λιπώδης εκφύλιση λοιπόν παρατηρήθηκε και στις δύο ομάδες, όπως ήταν αναμενόμενο. Ωστόσο παρατηρήθηκε και νέκρωση στην περίπτωση της Δ1 δεξαμενής που η διατροφή σε άλευρο

ελαιοκράμβης ήταν χαμηλή. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εκφύλιση του ήπατος έχει περάσει από τα αρχικά στάδια και έχει σχέση αντιστρόφως ανάλογη της περιεκτικότητας του κρυσταλλικού, αφού στην περίπτωση των ιστοπαθολογικών δειγμάτων της Δ3 δεξαμενής η εκφύλιση δεν είχε προχωρήσει τόσο, χωρίς μεγάλες περιοχές με νεκρώσεις κυττάρων ήπατος. Στο έντερο οι παρατηρήσεις των συμπτωμάτων έδειξαν κυρίως συγκόλληση των λαχνών στον βλεννογόνο, την αποκόλληση του επιθηλιακού ιστού και εντερίτιδα και στις δύο ομάδες του πείραματος. Το τελευταίο προφανώς έχει να κάνει με την παρουσία στην τροφή σόγιας τόσο σε άλευρο όσο και σε μορφή ελαίου, αφού η παρουσία πρωτεϊνών της σόγιας σε σολωμό προκαλεί εντερίτιδα με παρουσία μεγάλου αριθμού μακροφάγων και ουδετερόφυλων με παράλληλη ανάπτυξη εωσινοφύλων και σχηματισμό επιθηλιακών κενотоπιών (Ferguson 2006). Ομοίως παρατηρήθηκε και στο κοινό κυπρίνο παρόμοια συμπτωματολογία, με φλεγμονή στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου και αύξηση λευκοκυττάρων, κυρίως στην ομάδα με την χαμηλή περιεκτικότητα σε άλευρο ελαιοκράμβης (Δ1).

Στις αναλύσεις με τη μέθοδο Folch, που έλαβαν χώρα στο εργαστήριο, για τον ποσοτικό προσδιορισμό των λιπαρών οξέων τόσο στο ήπαρ όσο και στη σάρκα έδειξαν στο ήπαρ για τους κυπρίνους της ομάδας με την σίτιση σε χαμηλότερη ποσότητα με άλευρο ελαιοκράμβης, ένα ποσοστό της τάξεως του 46,19%, ποσοστό πολύ πάνω από το 5% που προσδιορίζει την αρχή του προβλήματος της λιπώδους εκφύλισης. Παρόλα αυτά, το μέσο βάρος των κυπρίνων της ομάδος αυτής έδειξε καλλίτερα αποτελέσματα στο χρονικό διάστημα των 138 ημερών, πράγμα που αναδεικνύει ότι οι κυπρίνοι έχουν αντοχή σε ποσοστά αυξημένου λίπους στο ήπαρ χωρίς να επηρεάζει άμεσα τους δείκτες ανάπτυξης σε αυτή την περίοδο. Ομοίως και στην ομάδα που σιτίστηκε με μεγαλύτερο ποσοστό σε άλευρο ελαιοκράμβης στο ήπαρ μετά από αναλύσεις με τη μέθοδο Folch, το βάρος του λίπους που προσδιορίστηκε ήταν της τάξεως του 33,25%. Στην σάρκα, τα λιπαρά οξέα που εκχυλίσσαμε είχαν ανάλογη κατά βάρος ένδειξη, με τιμές 9,26% και 2,1% αντίστοιχα πράγμα που καταδεικνύει προβλήματα κατά την πρόσληψη μεγάλου μέρους λιπαρών λόγω της δυσλειτουργικότητας στο ήπαρ (Du *et al* 2006) αλλά και την μεγάλη δράση της ελαιοκράμβης επί του θυρεοειδούς (Ferguson 2006) ώστε να έχουμε την αυξημένη απόθεση λίπους στους μύες (Σμοκοβίτης 2007).

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ΠΛΟ) διακρίνονται σε ω-6 που είναι συστατικά των φυτικών ελαίων και σε ω-3, που είναι συστατικά των ιχθυελαίων. Στα ω-6 ανήκουν το λινολεϊκό, το γ-λινολενικό και το αραχιδονικό ενώ στα ω-3 το α-λινολενικό και τα εικοσιπενταενοϊκό (EPA) και εικοσιδυεξαενοϊκό οξύ (DHA). Τα ω-3 ανταγωνίζονται τα ω-6 λιπαρά οξέα για ενσωμάτωση στα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών ενώ το αραχιδονικό οξύ αποτελεί το υπόστρωμα για την βιοσύνθεση των εικοσανοειδών (Γιαμαρέλλος-Μπουρμπούλης και Διονυσίου-Αστερίου 2000).

Ακολουθεί το συμπληρωματικό με τα αποτελέσματα του GCMS...



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

*Ξένη (Αγγλική)*

1. **Agaba MK, Tocher DR, Zheng X, Dickson CA, Dick JR, Teale AJ** (2005) Cloning and characterization of polyunsaturated fatty acid elongases of marine and freshwater teleost fish, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 142: 342
2. **Aggelousis G. and Lazos S. E.** (1991) Fatty Acid Composition of the Lipids from Eight Freshwater Fish Species from Greece, *Journal of food composition and analysis* 4: 68-76
3. **National Research Council (U.S)** (1977) Nutrient requirements of warmwater fishes, Subcommittee on Warmwater Fish Nutrition Vol 9, National Academy Sciences, Washington D.C p. 77
4. **National Research Council (U.S)** (1993) Nutrient Requirements of Fish, Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C.
5. **Anonymus** (2005) Carp, Koi Goldfish, Digestion Pond Fish without Stomach, The Pond Doctor's Site Map Page. <http://www.pond-doctor.co.uk/longdigestion.html>
6. **Balon E.K.** (1995) Origin and domestication of the wild carp, From Roman gourmets to the swimming flowers *Aquaculture*. 129: 3-48
7. **Ballintijn M.** (1969). Functional Anatomy and movement co-ordination of the respiratory of the Carp (*Cyprinus carpio* L.), *Journal Explorer Biology*. 50: 547-567.
8. **Burton M., Burton R.** (2002) *International Wildlife Encyclopedia..* Marshal Caventis Corporation. Third Edision, Tarrytown - New York, pp: 2800
9. **Bryant P.L, Matty A.J.** (1980), Optimisation of *Artemia* feeding rate for carp larvae (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture*, 21(3): 203-212
10. **Caballero M.J, Izquierdo M.S, Kjørsvik E, Fernández A.J, Rosenlund G.** (2004) Histological alterations in the liver of sea bream, (*Sparus aurata* L.), caused by short- or long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid

source. Journal of Fish Disease. 27(9): 531-41.

**11. Cai Z & Curtis R L.** (1989) Effects of Diet on Consumption, Growth and Fatty Acid Composition in Young Grass Carp. Aquaculture, 81: 47-60

**12. Carvalho A.P, Sá R, Oliva-Teles A, Bergot P.** (2004) Solubility and peptide profile affect the utilization of dietary protein by common carp (*Cyprinus carpio*) during early larval stages Aquaculture, 234(1-4):319-333

**13. Charlon N, Bergot P.** (1984), Rearing system for feeding fish larvae on dry diets. Trial with carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. Aquaculture, 41(1):1-9

**14. Cheeke P.R.** (1991) Applied Animal Nutrition Feeds and Feeding, MacMillian Publishing Company, New York, N.Y.

**15. Chow-Fraser P.** (2005) Ecosystem response to changes in water level of Lake Ontario marshes: lessons from the restoration of Cootes Paradise Marsh. Hydrobiologia, 539:189-204

**16. Christie, W.W.** (1982) The preparation of derivatives of lipid. In: Christie, W.W. (ed). Lipid Analysis. Isolation, Separation, Identification and Structural Analysis of Lipids. 2<sup>nd</sup> Edn, Pergamon Press, Oxford, pp. 51-62.

**17. Cowey C.B.** (1978) Nutritional Pathology of Teleosts. In: "Fish Pathology" (R.J. Roberts, ed.) Bailliere Tindall London. pp: 216 - 226.

**18. Cowey C.B.** (1992) Nutrition: Estimating requirements of rainbow trout, Aquaculture, 100:177-189

**19. Csengeri I.** (1996) Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. Arch Tierernahr. 49(1):73-92.

**20. Dabrowski K.** (1983) Digestion of protein and amino acid absorption in stomachless fish, common carp. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 74(2):409-415

**21. Dabrowski K.** (1984), Influence of initial weight during the change from live to compound feed on the survival and growth of four cyprinids. Aquaculture, 40(1): 27-40

**22. Dabrowski K, Dabrowska H, Grudniewski Cz.** (1978), A study of the feeding of common carp larvae with artificial food. Aquaculture, 13(3): 257-264

23. **Dabrowski K, Hinterleitner S, Sturmbauer C, El-Fiky N, Wieser W.** (1988) Do carp larvae require vitamin C? *Aquaculture*, 72 (3-4): 295-306
24. **Dabrowski K., Kozłowska H.** (1981) Rapeseed meal in the diet of common carp reared waters. I. Growth of fish and utilization of the diet – In: Proc. World Symposium on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems, Stavanger, 28-30 May 1980, 2: 263-274.
25. **Das K.M, Tripathi S.D.** (1991) Studies on the digestive enzymes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) (*Val.*). *Aquaculture*, 92: 21-32
26. **Davies S.J, McConnell S, Bateson R.I.** (1990) Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). *Aquaculture*, 87(2): 145-154
27. **Desai A.S, Singh R.K.** (2009), The effects of water temperature and ration size on growth and body composition of fry of common carp (*Cyprinus carpio* L) *Journal of Thermal Biology*, 34(6): 276-280
28. **Dr Sinha V.R.P. and Head** (1985) Lecture Notes on Composite Fish Culture and its Extension in India, FAO Corporate Document Respository, p: 194  
([http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus\\_carpio/en#tcN900B1](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en#tcN900B1))
29. **Du Z.-Y., Clouet P., Zheng W.-H., Degrace P., Tian L.-X. and Liu Y.-J.** (2006) Biochemical hepatic alterations and body lipid composition in the herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed high-fat diets, *British Journal of Nutrition*, 95: 905–915
30. **Edwards D.** (1987) Freshwater Fish Culture in Greece, FAO Organisation Corporate DocumentRespository. ([http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus\\_carpio/en#tcN900B1](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en#tcN900B1))
31. **El Sayed Abdel Fattah M.** (2006) Tilapia Culture, CABI Publishing UK, pp: 293
32. **Eurostat 2007** - Fishery statistics – Data, 1990-2006 (<http://dataservice.eea.europa.eu>)
33. **FAO Fisheries Circular** No. 886 (**Revision.2**), REVIEW of the state of world Aquaculture, food and agriculture organization of the United Nations - ROME 2003  
([http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus\\_carpio/en#tcN900B1](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en#tcN900B1))
34. **Farkas T. and Csenger I.** (1976) Biosynthesis of fatty acids by the carp, *Cyprinus carpio* L.,

in relation to environmental temperature. *Lipids*, Springer Berlin / Heidelberg, 11(5): 401-407

**35. Farkas T, Csengeri I, Ferenc M, Olah J.** (1980) Metabolism of fatty acids in fish III. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp (*C. carpio* L), *Aquaculture*, 2: 29-40

**36. Fauconneau B, Alami-Duranteb H, Laroche M, Marcel J, Vallot D.** (1995) Growth and meat quality relations in carp *Aquaculture*, 129: 265-297

**37. Ferguson W.H.** (2006) *Systemic Pathology of Fish. A Text and Atlas of Normal Tissues in Teleosts and their Responses in Disease.* Scotland Press, Second Edition, London. pp: 367

**38. Fontagné S., Geurden I., Escaffre A-M., Bergot P.** (1998) Histological changes induced by dietary phospholipids in intestine and liver of common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture*, 161(1-4) : 213-223

**39. Folch, J, Lees M. and Stanley G.H.S.** (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem*, 226: 497-509

**40. Fontagné S, Corraze G, Bergot P.** (2000) Response of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae to different dietary levels and forms of supply of medium-chain fatty acids. *Aquatic Living Resource*, 13: 429–437

**41. Fraisse M, Woo N.Y.S, Noailac-Depeyre J, Murat J.C** (1981) Distribution pattern of digestive enzyme activities in the intestine of the catfish (*Ameiurus nebulosus* L.) and of the carp (*Cyprinus carpio* L.) *Comparative Biochemistry and Physiology Part A Physiology*, 70(3): 443-446

**42. Glencross B.D.** (2009) Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1(2): 71-124

**43. Green D. and Selivonchick D.** (1987) Lipid metabolism in fish *Production Lipid Research*, 26: 53-85

**44. Guillaume J., Kaushik S., Bergot P.** (2001) *Nutrition and feeding of fish and crustaceans*, Praxis Publishing, pp: 408

**45. Guler G.O, B. Kiztanir, Aktumsek A, Cital O.B, Ozparlak H.** (2008) Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and x3/x6 ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey), *Food Chemistry*, 108: 689–694

- 46. Herper B.** (1988) *Nutricion of pond fishes*, Cambrige University Press, pp: 393
- 47. Jha A.K, Pal A.K, Sahu N.P, Kumar S, Mukherjee S.C.** (2007) Haemato-immunological responses to dietary yeast RNA, omega-3 fatty acid and beta-carotene in *Catla catla* juveniles. *Fish Shellfish Immunology*, 23(5): 917-27.
- 48. Jhingran V.G, Pullin R.S.V.** (1985) *A hatchery manual for the common, Chinese and Indian major carps*, Asian Development Bank, 2th Edition, pp: 185
- 49. Jobling M.** (1994) *Fish Bioenergetics* – Chapman and Hall, London, pp: 300
- 50. Hidalgo M.C, Urea E, Sanz A** (1999) Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture*, 170(3-4): 267-283
- 51. Higgs D.A, Fagerlund U.H.M, McBride J.R, Plotnikoff M, Dosanjh B.S, Markert J.R, Davidson J.** (1983) Protein quality of Altex canola meal for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) considering dietary protein and 3,5,3'-triiodo-L-thyronine content, *Aquaculture*, 34(3): 213-238
- 52. Hofer R, Sturmbauer C.** (1985) Inhibition of trout and carp  $\alpha$ -amylase by wheat, *Aquaculture*, 48(3-4): 277-283
- 53. Kminkova M, Winterova R, Kucera J** (2001) Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Czech Journal of Food Science*, 19: 177-181
- 54. Kyriazakis I, Emmans G.C.** (1992) Selection of a diet by growing pigs given choices between foods differing in contents of protein and rapeseed meal. *Appetite*, 19(2): 121-132.
- 55. Lardy H, Hughes P.E.** (1984) Regulation of gluconeogenesis at phosphoenolpyruvate carboxykinase. *Current topics in cellular regulation*, 24: 171-179
- 56. Lim Ch, Webster C.D.** (2001) *Nutrition and fish health*, The Haworth Press, pp: 421
- 57. Logan L.B.** (1888) *Practical Carp Culture*, BiblioBazaar, LLC, 2008. pp: 136
- 58. Luís Val A., Randall D.J.** (2006), *The physiology of tropical fish*, *Fish physiology*, 21: 634
- 59. Mazurkiewicz J.** (2009) Utilization of domestic plant components in diets for common carp (*Cyprinus carpio* L). *Archives Polish Fishery* 17: 5-39

- 60. Mejza T, Mejza A.** (1986) Post-extraction rapeseed meal as a component of granulated mixtures for carp – *Gosp. Ryb.* 1: 11-12.
- 61. Moriarty D. J. W., Pullin R. S. V.** (1987) **Detritus and microbial ecology in aquaculture on** International Center for Living Aquatic Reserch, Manilla Philippines, pp: 420
- 62. Nakamura MT, Nara TY.** (2004) Structure, function, and dietary regulation of delta6, delta5, and delta9 desaturases. *Annual review of nutrition*, 24: 345-76
- 63. National Research Council (U.S.)** Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes, (1983) Subcommittee on Warmwater Fish Nutrition Vol 9, National Academy Sciences, Washington DC, pp 102
- 64. Newkirk R.** (2009) Canola Meal Feed Industry Guide, Canola Council of Canada. 4<sup>th</sup> Edition, Winnipeg, Manitoba, p: 48
- 65. Nagai, M. & Ikeda, S. 1971a.** Carbohydrate metabolism in fish I. Effects of starvation and dietary composition on the blood glucose level and the hepatopancreatic glycogen and lipid contents in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 37(5):404-409
- 66. Nagai, M. & Ikeda, S. 1971b.** Carbohydrate metabolism in fish. II. Effect of dietary composition on metabolism of glucos-6-14C in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 37:410-414.
- 67. Nagai, M., & Ikeda, S. 1972.** Carbohydrate metabolism in fish.III. Effect of dietary composition on metabolism of glucos-U-14C and glutamate-U-14C in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 38:137-143.
- 68. Pearson H.A, Lobel J.S, Kocoshis S.A.** (1979). A new syndrome of refractory sideroblastic anemia with vacuolization of marrow precursors and exocrine pancreatic dysfunction. *Journal Pediatric*, 95(6):976–84
- 69. Pilarczyk A.** (1995) Changes in specific carp immune reaction caused by addition of fish oil to pellets, *Aquaculture*, 129:425-429
- 70. Pilley T.V.R.** (1993) *Aquaculture - Principles and Practices*, Fishing News Books. pp: 575
- 71. Ping Xie** (1999) Gut contents of silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*, and the disruption of a centric diatom, *Cyclotella*, on passage through the esophagus and intestine *Aquaculture*, 180(3-4): 295-305

- 72. Radunz-Neto J, Corraze G, Bergot P, Kaushik S. J.** (1996) Estimation of essential fatty acid requirements of common carp larvae using semi-purified artificial diets. *Archiv fur Tierernahrung*, 49(1):41-48.
- 73. Riedel D.** (1975) Survey on carp and eel culture fisheries in lake Ioannina, **FAO** Organisation Corporate Document Respository
- 74. Roberts R. J.** (2001), *Fish Pathology*, Elsevier Publishers Limited 3rd Edition, pp: 472
- 75. Salle T.L. and Adams G.M.** (1970) *Journal Chromatographer* 51:545
- 76. Sargent J.R, Bell J.G, Bell MV, Henderson R.J, Tocher D.R** (1993) The metabolism of phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish. In: Callou B, Vittelo P (eds) *Coastal and Estuarine Studies – Aquaculture: Fundamental and Applied Research*, pp. 103–124. American Geophysical Union, Washington.
- 77. Sargent J.R, Bell J.G, Bell N.V, Henderson R.J, Tocher D.R** (1995) Requirement criteria for essential fatty acids. *Journal Application Ichthyology*, 11:183–198
- 78. Schlechtriem C., Bron J. E., Tocher, D. R.,** (2009) Determination of n-3 HUFA content in Atlantic salmon flesh based on the lipid content, morphometric measurements and blood fatty acid composition: A modeling approach, *Journal of Applied Ichthyology*, Blackwell Publishing, 25(1): 120-123(4)
- 79. Scorepa J, Mares P, Stary S.** (1986) Effect of diet rich in carp (*C. carpio*) on plasma lipid levels and essential fatty acid composition of plasma lipid esters in man (multivariate analysis) *Production Lipid Research*, 25:207-209
- 80. Simopoulos A. P.** (1997) Omega-3 fatty acids and the prevention-management of cardiovascular disease. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, Vol. 75, pp:234–239
- 81. Smith L.S.** (1980) Chapter 1 - Digestion in Teleost Fishes, **FAO** Organisation Corporate Document Respository
- 82. Shireman J.V, Smith C.R,** Synopsis of biological data on the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier & Valenciennes 1844) **FAO** Fisheries Synopsis, (135): 86 p

- 83. Smith E.L, Hill R, Lehman I.R, Lefkowitz R.J, Handler P, White A.** (1983) Principles of Biochemistry: General Aspects. McGraw and Hill, Singapore.
- 84. Steffens W.** (1989) Principles of Fish Nutrition – Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, p.385
- 85. Steffens W.** (1996) Protein sparing effect and nutritive significance of lipid supplementation in carp diets. *Aquaculture*, 49(1):93-98
- 86. Steffens W.** (1997), Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151(1-4):97-119
- 87. Steffens W, Wirth M, Rennert B.** (1995) Effects of adding various oils to the diet on growth, feed conversion and chemical composition of carp (*Cyprinus carpio*). *Archiv fur Tierernahrung*, 47(4):381-389.
- 88. Steffens W. and Wirth M.** (2007) Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*), *Aquaculture*, 15:313–319
- 89. Stevens C.E, Hume I.D.** (2005) Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System. Cambridge University Press, 2, pp: 400
- 90. Stickney R.R.,** Culture of nonsalmonid freshwater fishes, 2nd Edition 1993, pp: 331
- 91. Tacon A.J.,** Aquaculture Production Trends Analysis, FAO 2003
- 92. Takeuchi T, Watanabe T.** (1977a) Dietary levels of methyl laurate and essential fatty acid requirement on growth of rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 43: 893–898.
- 93. Tocher D.R, Bendiksen E.Å, Campbell P.J. and Bell J.G.** (2008), The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. *Aquaculture*, 280(1-4): 21-34
- 94. Watanabe T.** (1982) Lipid nutrition in fish, *Comparative Biochemistry Physiology*, 73B(1): 3-15
- 95. Woo P.T.K, Bruno D.W, Susan Lim L.H.** (2005) Diseases and disorders of finfish in cage culture, CAB International Publications, New York, pp: 354



96. **Wen X, Chen L, Ku Y, Zhou K.** (2006), Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile crab, *Eriocheir sinensis* Aquaculture, 252(2-4): 598-607

97. **Zambrano L., Scheffer M. and Martinez-Ramos M.** (2001), Catastrophic response of lakes to benthivorous fish introduction. *Oikos* 94, pp: 344–350.

98. **Zheng X, Tocher DR, Dickson CA, Bell JG, Teale AJ** (2005a) Environmental and dietary influences on highly unsaturated fatty acid synthesis in vertebrates: new insights with the cloning and characterization of a  $\Delta 6$  desaturase of Atlantic salmon. *Lipids* 40: 13–24.

## Ελληνική

1. **Βακάκης Φ.** Ελαιοκράμβη, Όλα όσα πρέπει να γνωρίζετε για την καλλιέργεια και τις οικονομικές επιδόσεις. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα 2006

2. **Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ.** Βιομηχανικά Φυτά - Βαμβάκι και υπόλοιπα κλωστικά, Ελαιοδοτικά - Ζαχαρότευτλα - Καπνός, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 2002. Σελ 432

3. **Γεωργάτσος Ι. Γ.** Εισαγωγή στη Βιοχημεία, 6η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2006. Σελ, 480

4. **Γιαμαρέλλος-Μπούρμπουλης Ε.Ι.** "In vitro" επίδραση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στα Gram αρνητικά βακτήρια. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 1998

5. **Γιαμαρέλλος-Μπουρμπούλης Ε.Ι, Διονυσίου-Αστερίου Α.** (2000) Η σύγχρονη θέση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Ανασκόπηση, Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής 17(1): 26-34

6. **Ευσταθίου Α.** Μικρή Κτηνιατρική Εγκυκλοπαίδεια (Νοσήματα-Διατροφή-Ζωοτροφές), Αθήνα 2002. Σελ 144

7. **Ζέρβας Γ, Καλασάκης Π, Φεγγερός Κ.** Διατροφή Αγροτικών Ζώων, Εκδόσεις Σταμούλη 2η Έκδοση Αθήνα 2004. Σελ. 301

8. **Κανονισμός Ε.Ε** (152/2009)

9. **Καρακατσούλη Ν.** Διερεύνηση της επίδρασης των αιωρούμενων σωματιδίων του νερού εκτροφής στη φυσιολογία εκτρεφόμενων ιχθύων. Διδακτορική Διατριβή, ΓΠΑ - Τμήμα ΖΠ, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας. Αθήνα 2000

10. **Καραμήτρος Δ.** Διατροφή Αγροτικών Ζώων, Τόμος Β' Εκδόσεις ΑΤΕΙΘ 2001. Σελ. 184
11. **Καραπαναγιωτίδης Ι, Μεντέ Ε.** Τεχνολογία Ιχθυοτροφών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Βόλος 2009. Σελ 68
12. **Κάτανος Ι.** Φυσιολογία Αγροτικών Ζώων, Εκδόσεις ΑΤΕΙΘ 2001. Σελ. 167
13. **Κτιστάκη Μ, Φούντα Σπ.** Τα Ωμέγα-3 λιπαρά οξέα στην παραδοσιακή και σύγχρονη διατροφή. Η σημασία τους στην Υγεία. ΑΤΕΙ Κρήτης - Τμήμα Διατροφής (2004), Σελ 106
14. **Κυριτσάκης Α.Κ.** Τεχνολογία Λιπών και Λαδιών, Τόμος 1, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης 1991
15. **Λαζαρίδου-Δημητριάδου Μ.** Γενική Ζωολογία, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1992
16. **Νεοφύτου Ν. Χ.** Ιχθυολογία, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2004, Σελ. 290
17. **Παπαγεωργίου Ν.** Εκτροφή κυπρίνου και χελιού. ΑΠΘ Σχολή Δασολογίας και Φυσικού περιβάλλοντος, University Press, Θεσσαλονίκη (1992), Σελ. 84
18. **Παπουτσόγλου Ε.Σ.** Διατροφή Ιχθύων, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 2004. Σελ. 976
19. **Πάσχος Ι.** Ιχθυοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων. Ιωάννινα 2004, Σελ. 293
20. **Σμοκοβίτης Α.** Φυσιολογία, Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 2007, Σελ.968
21. **Τρακατέλλης Α.** Βιοχημεία, Τόμος Α', Μέρος ΙΙ, Εκδοτικός Όμιλος Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1996
22. **Φώτης Δ. Γ., Αγγελίδης Γ.Π.** Εκτροφή και Παθολογία Ιχθύων Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία 2003, Τόμος Α', Σελ. 430.
23. **Χώτος Ν.Γ, Ρογδάκης Γ.Ι.** Υδατοκαλλιέργειες Ευρύαλων ψαριών – Λαβράκι & Τσιπούρα, τεχνικές αναπαραγωγής και πάχυνσης. Εκδόσεις Ιων, Περιστέρι 2005, Σελ. 451.

*Διαδίκτυο*

1. <http://handsontheland.org/classroom/hare04/carp.html>
2. [http://www.niwa.co.nz/rc/freshwater/fishatlas/species/koi\\_carp.htm](http://www.niwa.co.nz/rc/freshwater/fishatlas/species/koi_carp.htm)
3. <http://www.aquaculturecouncilwa.com/how-to-get-into-aquaculture/introduction>
4. <http://www.worldwildlife.org/what/globalmarkets/aquaculture/whyitmatters.html>
5. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus\\_carpio/en#tcN900B1](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en#tcN900B1)
6. <http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e07.htm>
7. [http://www.fao.org/nr/water/cropinfo\\_sunflower.html](http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sunflower.html)
8. <http://www.wetwebmedia.com/PondSubWebIndex/pdfishfeeding.htm>
9. [http://nis.gsmfc.org/nis\\_factsheet.php?toc\\_id=183](http://nis.gsmfc.org/nis_factsheet.php?toc_id=183)
10. <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?id=1450>
11. <http://www.science.mcmaster.ca/Biology/Harbour/SPECIES/CARP/CARP.HTM>
12. [http://www.cyprusffa.com/carp\\_aticl\\_.htm](http://www.cyprusffa.com/carp_aticl_.htm)
13. [http://www.fishing.co.uk/species\\_display.php3?id=2](http://www.fishing.co.uk/species_display.php3?id=2)
14. <http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Cyprinus+carpio#Global%20Invasive%20Species%20Database>
15. <http://www.ers.usda.gov/Briefing/SoybeansOilcrops/Canola.htm>
16. <http://www.ers.usda.gov/Briefing/SoybeansOilcrops/sunflower.htm>
17. <http://www.fao.org/docrep/X5738E/x5738e02.htm#3.%20anatomy%20and%20general%20physiology%20of%20the%20gut>
18. [http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_omegaFA.htm#01\(2007\)](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_omegaFA.htm#01(2007))
19. [http://www.eufic.org/article/el/artid/omega-3-fatty-acids/\(2003\)](http://www.eufic.org/article/el/artid/omega-3-fatty-acids/(2003))

20. <http://www.spss.com/>

21. <http://www.eufic.org/article/el/food-technology/gmos/artid/genetic-modification-vegetable-oils/>

22. <http://www.fish.wa.gov.au/docs/pub/AquaGettinginto/index.php?0304>