



**ΠΑΝΕΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκου *Chlorella vulgaris* στο σιτηρέσιο του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*):  
Επίδραση στη θρεπτική σύσταση των ιχθύων»**

**ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΚΛΕΙΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ, 2021**

**«Υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκου *Chlorella vulgaris* στο  
σιτηρέσιο του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*): Επίδραση στη θρεπτική σύσταση  
των ιχθύων»**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :**

- 1) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης, Επίκουρος καθηγητής** - Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*,
- 2) Ιωάννης Μποζιάρης, Καθηγητής** - Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*,
- 3) Ελένη Γκολομάζου, Επίκουρη Καθηγήτρια** - Προστασίας-Ευζωίας Ιχθύων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

*Στη μητέρα μου,*

*Άννα*

*και*

*Στον πατέρα μου,*

*Γιάννη*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ, υποχρέωση μου να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους συνέβαλλαν με οποιονδήποτε τρόπο για την περάτωση της παρούσας διπλωματικής διατριβής. Συγκεκριμένα, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέπον της πτυχιακής μου διατριβής, τον κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη, Επίκουρο Καθηγητή Διατροφής Υδροβίων Ζωικών Οργανισμών, για την πολύτιμη βοήθειά του και για τις ιδιαίτερα χρήσιμες παρατηρήσεις και υποδείξεις καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης και συγγραφής της παρούσας διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ψωφάκη Πιέρ, υποψήφιο Διδάκτορα, για τις συνεχείς υποδείξεις του και γνώσεις που μου προσέφερε.

Παράλληλα, θα ήθελα να εκφράσω από τα βάθη της καρδιάς μου, την απέραντη ευγνωμοσύνη στους γονείς μου, για την στήριξη και συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης της παγκόσμιας παραγωγής του κλάδου των υδατοεκτροφών έχει οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησης για τεχνητές ιχθυοτροφές με ανάλογο ρυθμό. Οι υδατοεκτροφές, γενικά στην Ευρώπη, αποτελούνται κυρίως από σαρκοφάγα είδη ιχθύων, τα οποία καταναλώνουν ιχθυοτροφές που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων. Εξαιτίας αυτής της αύξησης της ζήτησης, έχει παρατηρηθεί μείωση των αποθεμάτων του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου. Για το λόγο αυτό, έχει ξεκινήσει η προσπάθεια μείωσης της εξάρτησης του κλάδου των ιχθυοτροφών από τα ιχθυέλαια και η εύρεση νέων εναλλακτικών πηγών ελαίων για την παρασκευή ιχθυοτροφών.

Η παρούσα μελέτη κινείται προς την κατεύθυνση εξερεύνησης εναλλακτικών διατροφικών πηγών, με βάση το άλευρο από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris*, για την εκτροφή ιχθύων στις ιχθυοκαλλιέργειες. Στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη χημική σύσταση ολόκληρου του σώματος του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), η οποία ακολούθησε δίαιτα με άλευρο από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris*, σε ποσοστά αντικατάστασης 10, 20 και 30%.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, συλλέχθηκαν ιχθύες του είδους *Dicentrarchus labrax* με μέσο βάρος 23g, οι οποίοι προέρχονταν από διατροφικό πείραμα και είχαν διαχωριστεί σε 4 διατροφικές ομάδες με την κάθε ομάδα να σιτίζεται με διαφορετικό σιτηρέσιο. Ως βασική πρωτεϊνική πηγή ζωικής προέλευσης χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας ιχθυάλευρο. Η τροφή μάρτυρας, CONTROL, περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο, ενώ οι υπόλοιπες τροφές περιείχαν ιχθυάλευρο καθώς και άλευρο από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris*. Το άλευρο από το μικροφύκος

*Chlorella vulgaris*, αντικατέστησε το ιχθυάλευρο κατά 10% (CM10), 20% (CM20) και 30% (CM30).

Στο τέλος του διατροφικού πειράματος τα ψάρια θανατώθηκαν με πρωτόκολλο θανάτωσης. Για την αναισθητοποίηση τους χρησιμοποιήθηκε διάλυμα βενζοκαΐνης, συγκέντρωσης 0,5 ml/l. Έπειτα, καταψύχθηκαν στους  $-40^{\circ}\text{C}$ . Από κάθε διατροφική ομάδα συλλέχθηκαν έξι (6) άτομα για τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρου του σώματος (wholebody).

Οι χημικές αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης των σωμάτων των ιχθύων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις μεθόδους AOAC (1995) ως εξής: ο προσδιορισμός της υγρασίας με θέρμανση για 24 ώρες στους  $105^{\circ}\text{C}$ , ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet, ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl, ο προσδιορισμός της τέφρας με αποτέφρωση των δειγμάτων στους  $600^{\circ}\text{C}$  για 3 ώρες και η ολική ενέργεια μέσω αδιαβατικού θερμιδόμετρου. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (v.20) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) ακολουθούμενη από Tukey's test και οι όποιες διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές  $P < 0,05$ .

Η περιεκτικότητα του ολικού σώματος, όλων των ομάδων ιχθύων, σε ολική πρωτεΐνη κυμάνθηκε από 47,83% έως 53,06%, σε ολικές λιπαρές ουσίες από 31,35% έως 35,47%, σε τέφρα από 11,02% έως 12,38%, σε ολική ενέργεια από 24,17% έως 25,78% και σε υγρασία από 65,29% έως 67,97%. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η θρεπτική σύσταση των ιχθύων σε ολόκληρο το σώμα όλων των ομάδων δε διέφερε μεταξύ τους. Από τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι το άλευρο του μικροφύκου *Chlorella vulgaris*, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα αξιόπιστο

υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση για περισσότερα είδη ιχθύων και υποκαταστάσεις σε μεγαλύτερα ποσοστά. Τέλος θα πρέπει να εξετασθούν η πεπτικότητα των μικροφυκών σε διάφορα είδη ιχθύων καθώς και η τιμή τους, προκειμένου να διασφαλιστεί η καταλληλότητα του μικροφύκου αυτού για τη βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας.

**Λέξεις – Κλειδιά:** λαβράκι, *Dicentrarchus labrax*, αντικατάσταση ιχθυαλεύρου, μικροφύκη, *Chlorella vulgaris*, ιχθυοκαλλιέργειες, διατροφή



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 1 -
1.1 Βιολογία και Εκτροφή του λαβρακιού ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) .....	- 1 -
1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους <i>Dicentrarchus labrax</i> .....	- 3 -
1.3 Θρεπτική σύσταση των ιχθύων και παράγοντες που την επηρεάζουν.....	- 7 -
1.3.1 Θρεπτική σύσταση των ιχθύων.....	- 7 -
1.3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θρεπτική σύσταση των ιχθύων .....	- 8 -
1.4 Η χρήση του Ιχθυαλεύρου και του Ιχθυελαίου στις Ιχθυοτροφές.....	- 11 -
1.5 Αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρα φυτικής προέλευσης.....	- 14 -
1.6 Η χρήση των μικροφυκών στις ιχθυοτροφές .....	- 17 -
1.7 Το άλευρο από το μικροφύκος του είδους <i>Chlorella vulgaris</i> ως συστατικό ιχθυοτροφών .....	- 18 -
1.8 Σκοπός της εργασίας .....	- 19 -
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	- 20 -
2.1 Δειγματοληψίες.....	- 20 -
2.2 Χημικές αναλύσεις .....	- 21 -
2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας .....	- 22 -
2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών .....	- 22 -
2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών .....	- 24 -
2.2.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	- 25 -
2.2.5 Προσδιορισμός ενέργειας.....	- 25 -
2.3 Στατιστική Ανάλυση.....	- 26 -
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	- 27 -
3.1 Θρεπτική σύσταση ολικού σώματος λαβρακιού.....	- 27 -
3.1.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία .....	- 27 -
3.1.2 Περιεκτικότητα σε ενέργεια .....	- 28 -
3.1.3 Περιεκτικότητα σε τέφρα .....	- 28 -
3.1.4 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες.....	- 29 -
3.1.5 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες.....	- 30 -
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	- 32 -

<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>- 35 -</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>- 43 -</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Βιολογία και Εκτροφή του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*)

Το λαβράκι *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus 1758) είναι ψάρι, το οποίο συγκαταλέγεται στα είδη της Μεσογείου και αποτελεί ένα από τα κυριότερα εκτρεφόμενα είδη, μαζί με την τσιπούρα, στις μεσογειακές και ελληνικές θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες (Κλαουδάτος 2012). Είναι πελαγικό είδος της υποτροπικής ζώνης, ανήκει στην οικογένεια των *Serranidae* και απαντάται ευρέως σε όλη τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα. Επίσης συναντάται στον Ατλαντικό ωκεανό, από το Μαρόκο έως και τη Βαλτική Θάλασσα (Εικόνα 1.1).



**Εικόνα 1.1:** Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Dicentrarchus labrax*.

**Πηγή:** <https://www.nw-ifca.gov.uk/managing-sustainable-fisheries/european-seabass/>.

Είναι βενθοπελαγικό είδος και ζει σε παράκτιες περιοχές σε πυθμένες διάφορων συνθέσεων, φτάνοντας σε βάθη των 100 μέτρων. Στο φυσικό περιβάλλον, συχνά

συναντάται σε υφάλμυρα και θαλασσινά νερά, σε περιοχές με βραχώδες υπόστρωμα, αλλά αρκετά συχνά και ιδιαίτερα σε περιόδους κακοκαιρίας, καταφεύγει σε αμμώδη υποστρώματα. Στα νεαρά στάδια της ηλικίας του το λαβράκι εμφανίζεται σε κοπάδια, ενώ τα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας έχουν μοναχική τάση. Είναι γονοχωριστικό είδος και ένα από τα χαρακτηριστικά του είναι ο γενετικός διμορφισμός στα νεαρά στάδια της ηλικίας του, λόγω της ταχύτερης ανάπτυξης των θηλέων ατόμων έναντι των αρρένων (Νεοφύτου 2015) Η αναπαραγωγική περίοδος ξεκινάει τον Φεβρουάριο και τελειώνει τον Ιούλιο, με τον βασικότερο παράγοντα να είναι η θερμοκρασία η οποία θα πρέπει να είναι πάνω από 15 °C.

Πρόκειται για ένα κατεξοχήν ευρύαλο και ευρύθερμο είδος (Cordier *et al.* 2002, Κλαουδάτος 2012), το οποίο εισχωρεί στις εκβολές των ποταμών και στις λιμνοθάλασσες. Αντέχει σε ένα σχετικά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (2 έως 30 °C), αλλά ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ 14 και 28 °C. Σε θερμοκρασίες κάτω των 7 °C παύει να τρέφεται, ενώ στους 2 °C πεθαίνει (Χώτος και Ρογδάκης, 1992). Έχει διαπιστωθεί πως μπορεί να εγκλιματιστεί και να αναπτυχθεί σε νερά με πολύ υψηλή αλατότητα (40‰) έως και αρκετά χαμηλή (Venturini *et al.* 1992, Eroldogan *et al.* 2004), με μέγιστη ανάπτυξη να παρατηρείται σε νερά αλατότητας από 20 έως 30‰ (Κλαουδάτος, 2012).

Το λαβράκι είναι ένα σαρκοφάγο και αρπακτικό είδος. Κυνηγεί ατομικά στο υδάτινο επιφανειακό στρώμα και, αφού επιλέξει τη λεία του, επιτίθεται από κάτω, την αρπάζει και απομακρύνεται. Στο φυσικό τους περιβάλλον τα νεαρά λαβράκια τρέφονται κυρίως με αμφίποδα, διάφορες προνύμφες εντόμων και άλλα ασπόνδυλα (Pickett and Pawson 1994, Brosowski 1999). Όσο αυξάνεται η ηλικία τους αρχίζουν και τρέφονται με μικρότερου μεγέθους ιχθύς, όπως είναι οι αθερίνες, οι σαρδέλες, μικρά κεφαλόπουλα,

καρκινοειδή και μαλάκια (Leaute 1984, Kelley 1987). Είναι είδος με χαρακτηριστικά υψηλής ανθεκτικότητας στις μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτινων μαζών και αρκετά καλής ποιότητας κρέατος. Έτσι, μαζί με την τσιπούρα έχουν αποκτήσει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και επιλέγονται για εντατική εκτροφή, η οποία έχει αυξηθεί κατά πολύ την τελευταία δεκαετία.

Όσον αφορά την εκτροφή του λαβρακιού σήμερα, χρησιμοποιούνται πολλά συστήματα παραγωγής. Τα κυριότερα στη Μεσόγειο (άρα και στην Ελλάδα) είναι τα εντατικά και τα ημιεντατικά συστήματα εκτροφής, με χρήση πλωτών κλωβών στις παράκτιες θαλάσσιες περιοχές ή τεχνητών υδατοσυλλογών (Papoutsoglou S. *et al.* 1996, Eroldogan *et al.* 2004). Επίσης, η εκτροφή του λαβρακιού πραγματοποιείται και σε κλειστά/ημίκλειστα συστήματα με τη χρήση δεξαμενών (εντατικά συστήματα) (Papoutsoglou S. *et al.* 1998), αλλά και σε ημικτατικά συστήματα παραγωγής (EC 2012). Το εμπορικό μέγεθος του λαβρακιού κυμαίνεται από 300-500 gr και φτάνει στο επιθυμητό βάρος μετά από ενάμιση έως δύο χρόνια εκτροφής, ανάλογα με τις θερμοκρασίες των υδάτων.

Στη Μεσόγειο, οι κύριοι παραγωγοί του λαβρακιού και της τσιπούρας είναι η Ελλάδα, η Τουρκία, η Ισπανία, η Αίγυπτος και η Ιταλία, και διατηρούν μερίδιο περίπου 85% της παγκόσμιας παραγωγής. Η συνολική παραγωγή λαβρακιού και τσιπούρας στη χώρα μας, ανήλθε στους 120.500 τόνους το 2019, και εκτιμάται ότι το 2020 θα έχουμε μία μικρή μείωση της παραγωγής της τάξης του 3% (ΣΕΘ 2020)

## **1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους *Dicentrarchus labrax***

Από τις διάφορες σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα και αφορούσαν τη θρεπτική σύσταση της τροφής, οι προτεινόμενες προδιαγραφές αφορούν

σιτηρέσια εναρκτήρια, κύριας εκτροφής και σιτηρέσια γεννητόρων. Οι απαιτήσεις του λαβρακιού για το στάδιο του ιχθυδίου και του ενήλικου ατόμου συνοψίζονται στους Πίνακες 1.1, 1.2 και 1.3 (FAO 2013, Παπουτσόγλου 2008).

**Πίνακας 1.1:** Θρεπτικές ανάγκες (% τροφής) του λαβρακιού ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης.

Θρεπτική Σύσταση (%)	Στάδιο ζωής	
	Ιχθύδια	Ενήλικα άτομα
Πρωτεΐνη	50 - 60	45 - 50
Λίπος	8 - 12	15 - 20
Ινώδεις Ουσίες	0,8 - 1	0,8 - 1
Υδατάνθρακες	15 - 18	15 - 18
Πρωτεΐνη/Ενέργεια (mg/Kj)	22/23,5	20/21,5
Φώσφορος	0,8	0,8

**Πηγή:** Παπουτσόγλου (2008), FAO (2016).

**Πίνακας 1.2:** Ποσοτικές ανάγκες (% τροφής) του λαβρακιού σε απαραίτητα αμινοξέα.

Αμινοξέα (%)	Στάδιο ζωής	
	Ιχθύδια	Ενήλικα άτομα
Αργινίνη	4.6	4.6
Ιστιδίνη	1.6	1.6
Ισολευκίνη	2.6	2.6
Λευκίνη	4.3	4.3
Λυσίνη	4.8	4.8
Μεθειονίνη	2.3	2.3
Φαινυλαλανίνη	2.6	2.6
Θρεονίνη	2.7	2.7
Τρυπτοφάνη	0.6	0.6
Βαλίνη	2.9	2.9

Πηγή: Παπουτσόγλου (2008), FAO (2016).

**Πίνακας 1.3:** Ενδεικτικά προτεινόμενα επίπεδα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε εναρκτήρια σιτηρέσια, σιτηρέσια κύριας εκτροφής και σιτηρέσια γεννητόρων λαβρακιού (ποσότητες/Kg τροφής με 10% υγρασία).

<b>Βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία</b>	<b>Εναρκτήρια σιτηρέσια</b>	<b>Σιτηρέσια κύριας εκτροφής</b>	<b>Σιτηρέσια γεννητόρων</b>
<b>Βιταμίνη Α (IU)</b>	25.000	20.000	27.000
<b>Βιταμίνη D (IU)</b>	3.000	3.000	3.500
<b>Βιταμίνη E (mg)</b>	300	250	500
<b>Βιταμίνη K (mg)</b>	30	25	35
<b>Βιταμίνη C (mg)</b>	250	200	400
<b>Θειαμίνη (βιταμίνη B<sub>1</sub>) (mg)</b>	60	35	60
<b>Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B<sub>2</sub>) (mg)</b>	65	35	65
<b>Παντοθενικό οξύ (βιταμίνη B<sub>3</sub>) (mg)</b>	150	130	150
<b>Πυριδοξίνη (βιταμίνη B<sub>6</sub>) (mg)</b>	35	30	40
<b>Κυανοκοβαλαμίνη (βιταμίνη B<sub>12</sub>) (mg)</b>	~ 0,1	~ 0,1	~ 0,1
<b>Νιασίνη (mg)</b>	600	450	600
<b>Βιοτίνη (mg)</b>	2	1 - 1,5	1,5
<b>Χολίνη (mg)</b>	2.500	2.400	2500
<b>Φυλλικό οξύ (mg)</b>	10	6 - 8	10
<b>Ινσιτόλη (mg)</b>	250	250	350
<b>Παραμινοβενζοϊκό οξύ (mg)</b>	40	30	40
<b>Φόσφορος (mg)</b>			
<b>Χαλκός (mg)</b>	6	4	5
<b>Ιώδιο (mg)</b>	3	2	2.5
<b>Σίδηρος (mg)</b>	60	50	60
<b>Μαγγάνιο (mg)</b>	80	70	75
<b>Ψευδάργυρος (mg)</b>	100	80	100
<b>Κοβάλτιο (mg)</b>	~ 2,5	~ 2	2.5
<b>Σελήνιο (mg)</b>	0,2 - 0,3	0,2	0.2 -0.3

**Πηγή:** Παπουτσόγλου (2008).



### 1.3 Θρεπτική σύσταση των ιχθύων και παράγοντες που την επηρεάζουν

#### 1.3.1 Θρεπτική σύσταση των ιχθύων

Τα ψάρια, παγκοσμίως, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή. Η κατανάλωση τους έχει αποδειχθεί ότι έχει ευεργετικές ιδιότητες στην ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με την τάση που επικρατεί γενικότερα για υγιεινή διατροφή (Alasalvar & Taylor 2002), έχει παρατηρηθεί τις τελευταίες 6 δεκαετίες σημαντική αύξηση στην κατανάλωση των ιχθυηρών (FAO 2016).

Ο μυϊκός ιστός των ιχθύων χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε εύπεπτες πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, εξαιρετικά ποικίλλουσα περιεκτικότητα σε λίπη και πολύ μικρή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (Πίνακας 1.4). Η υψηλή περιεκτικότητά τους σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, καθώς και η χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και χοληστερόλη, αποτελούν μία από τις κυριότερες ιδιαιτερότητες των ιχθύων. Επίσης, αποτελούν πλούσια πηγή βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (Argino *et al.* 2005).

**Πίνακας 1.4** Διακύμανση της περιεκτικότητας (ποσοστό % επί υγρής βάσης) των θρεπτικών συστατικών στον εδώδιμο μυϊκό ιστό των ιχθύων.

	Ελάχιστο	Συνήθης διακύμανση	Μέγιστο
Πρωτεΐνη (%)	6	16-21	28
Λίπος (%)	0,1	0,2-25	67
Υδατάνθρακες (%)		<0,5	
Τέφρα (%)	0,4	1,2-1,5	1,5
Υγρασία (%)	28	66-81	96

Πηγή: Love 1980, Huss 1998.

### 1.3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θρεπτική σύσταση των ιχθύων

Η χημική σύσταση των ιχθύων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να διαχωριστούν σε δυο κατηγορίες: τους **ενδογενείς** και τους **εξωγενείς** παράγοντες (Love 1980, Shearer 1994).

#### Ενδογενείς παράγοντες

- **Είδος**

Η χημική σύσταση των ιχθύων ποικίλλει σημαντικά στα διάφορα είδη (Love 1980, Shearer 1994, Huss 1998). Οι μεγαλύτερες μεταβολές παρατηρούνται στη λιποπεριεκτικότητα. Τα διάφορα είδη ιχθύων διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την περιεκτικότητα του σώματος τους σε λίπος: λιπαρά, ημιλιπαρά χαμηλά λιπαρά και άπαχα (Hui *et al.* 2006). Η υγρασία έχει και αυτή διακυμάνσεις ανάμεσα στα διάφορα είδη αφού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη λιποπεριεκτικότητα.

Τέλος, σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στην περιεκτικότητα των βιταμινών στα διάφορα είδη και ιδίως των λιποδιαλυτών βιταμινών, των οποίων η συγκέντρωση εξαρτάται άμεσα από την λιποπεριεκτικότητα (Lall & Parazzo 1995).

- **Στάδιο ανάπτυξης**

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τις μεταβολές της χημικής σύστασης των ιχθύων σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξής τους (Dumas *et al.* 2007) και τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (Holdway & Beamish 1984). Γενικά, το επίπεδο της υγρασίας και η περιεκτικότητα στις σωματικές πρωτεΐνες των ιχθύων μειώνεται με την αύξηση της

ηλικίας-μεγέθους τους (Παπουτσόγλου 2008), ενώ παράλληλα αυξάνεται το επίπεδο των λιπών (Love 1980, Griffiths & Kirkwood 1995).

- **Αναπαραγωγικό στάδιο**

Οι θρεπτικές και ενεργειακές ανάγκες των ιχθύων μεταβάλλονται σύμφωνα με το στάδιο γεννητικής ωριμότητας (Love 1980, Zaboukas *et al.* 2006). Η κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της κατανάλωσης των αποθεμάτων λίπους του οργανισμού (Henderson & Tocher 1987).

- **Ιστοί και μέρη του σώματος**

Η παραλλακτικότητα της χημικής σύστασης ανάμεσα στους διάφορους ιστούς του σώματος των ιχθύων, όπως ο μυϊκός ιστός, το ηπατοπάγκρεας και οι γονάδες, έχει μελετηθεί αρκετά και παρουσιάζει διαφορές (Dawson & Grimm 1980, Eliasson & Vahl 1982).

Γενικά, στους περισσότερους ιχθύες, το περιπλαχνικό-περιεντερικό λίπος (λιπώδης ιστός) είναι το κύριο μέρος αποθήκευσης του λίπους. Ακολουθεί κατά σειρά το ήπαρ (κύριο όργανο μεταβολισμού των λιπών) και ο ερυθρός μυϊκός ιστός (Sheridan 1988). Η πρωτεϊνοσύνθεση λαμβάνει χώρα αρχικά στο ήπαρ ακολούθως στα βράγχια, τον πεπτικό σωλήνα, τον ερυθρό μυϊκό και τέλος στο λευκό μυϊκό ιστό, όπου πραγματοποιείται κυρίως η εναπόθεση των σωματικών πρωτεϊνών.

- **Φύλο**

Διαφορές στη λιποπεριεκτικότητα ανάμεσα στα δύο φύλα έχουν βρεθεί σε αρκετά είδη τόσο στο μυϊκό ιστό όσο και στο ήπαρ και τις γονάδες (Larson 1991, Robards *et al.* 1999).

### **Εξωγενείς παράγοντες**

- **Εποχικότητα**

Η χημική σύσταση των ιχθύων, λόγω της μεταβολής των ενεργειακών αποθεμάτων και των ενεργειακών απαιτήσεων τους κατά τη διάρκεια ενός ετήσιου κύκλου, παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις. Βασικοί συσχετιζόμενοι παράγοντες είναι ο αναπαραγωγικός κύκλος (ενδογενής παράγοντας), η διαθεσιμότητα της τροφής και η μεταβολή της θερμοκρασίας (εξωγενείς παράγοντες) (Chellara *et al.* 1989).

Γενικά, την άνοιξη και το φθινόπωρο η λιποπεριεκτικότητα φτάνει τις μέγιστες τιμές και αυτό συσχετίζεται με τη διατροφή, λόγω της αυξημένης αφθονίας φυτοπλαγκτού (Παπαναστασίου 1990). Επίσης, η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες είναι μεγαλύτερη το χειμώνα και μικρότερη το καλοκαίρι.

- **Διατροφή**

Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων είναι η διαθεσιμότητα και το είδος της τροφής, η συχνότητα σίτισης, το πρωτεϊνικό και ενεργειακό επίπεδο της τροφής και η περίοδος ασιτίας (Shearer 1994). Σε συνθήκες ιχθυοκαλλιέργειας, η χημική σύσταση του σώματος των εκτρεφόμενων ιχθύων

επηρεάζεται από τη σύσταση της ιχθυοτροφής τους (Haard 1992, Shearer 1994, Turchini *et al.* 2007). Σε περιόδους στέρησης τροφής, τα αποθέματα του λίπους είναι τα πρώτα που εξαντλούνται (Shearer 1994, Cui & Wang 2007).

- **Υδάτινο περιβάλλον**

Συνήθως, τα θαλάσσια είδη ιχθύων έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες συγκριτικά με τα είδη του γλυκού νερού (Παπαναστασίου 1990). Αναφορικά με τη λιποπεριεκτικότητα, τα είδη των θαλάσσιων υδάτων έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λίπους στο ήπαρ συγκριτικά με τα είδη του γλυκού νερού. Επίσης, τα πρώτα αποτελούν πλουσιότερη πηγή ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (ΠΛΟ) από τα δεύτερα. Τέλος, διαφορές υπάρχουν και στην περιεκτικότητα των ανόργανων στοιχείων (Henderson & Tocher 1987). Τα θαλάσσια είδη ιχθύων περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα χλωριούχου νατρίου και ασβεστίου, ενώ τα είδη του γλυκού νερού έχουν μεγαλύτερη ποσότητα φωσφορικού καλίου (Παπαναστασίου 1990).

Το βάθος της υδάτινης στήλης που διαβιεί ένα είδος αποτελεί, επίσης, παράγοντα επηρεασμού της χημικής σύστασης του σώματος του. Σύμφωνα με τους Childress *et al.* (1990) και Drazen (2007) τα ψάρια που διαβιούν σε μεγαλύτερα βάθη παρουσιάζουν μειωμένη λιποπεριεκτικότητα.

#### **1.4 Η χρήση του Ιχθυαλεύρου και του Ιχθυελαίου στις Ιχθυοτροφές**

Είναι γνωστό πως οι ιχθυοτροφές πρέπει να καλύπτουν τις διατροφικές ανάγκες των ιχθύων για την ομαλή ανάπτυξή τους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη παροχή ιχθυοτροφής, η οποία καλύπτει πλήρως τις ανάγκες των ιχθύων σε πρωτεΐνες, λίπη και

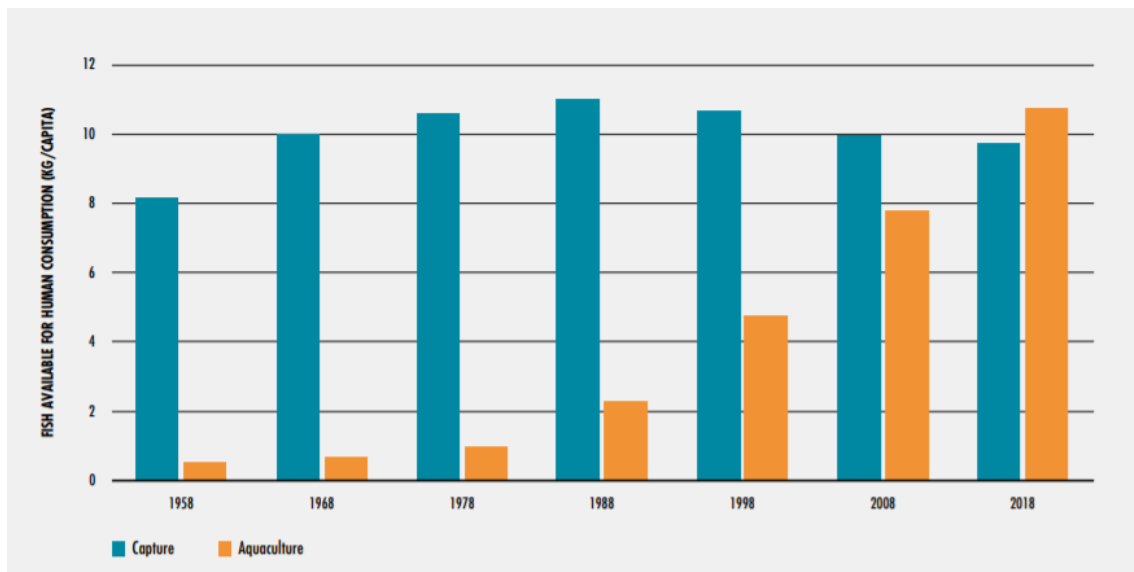
άλλα ιχνοστοιχεία. Ως πηγή πρωτεϊνών και λιπών, η ιχθυοκαλλιέργεια βασίζεται κατά παράδοση στο ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο.

Τα πιο κοινά άλευρα που χρησιμοποιούνται είναι τα άλευρα ρέγγας, γαύρου, σαρδέλας, σκουμπριού, φρίσσας και άλευρο καπελάνου μεταξύ άλλων (Σπαής 2002). Ένα μικρό ποσοστό των ιχθυαλεύρων αποδίδεται στα παρεμπίπτοντα αλιεύματα, και στα υποπροϊόντα που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία (π.χ. φιλέτα ψαριών και κονσερβοποιία) των διαφόρων θαλασσινών προϊόντων που προορίζονται για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο (Miles & Chapman 2006).

Τα διάφορα ιχθυάλευρα περιέχουν ολικές πρωτεΐνες από 55,5% έως 72,5%, λιπαρές ουσίες από 3,5% έως 12%, τέφρα από 10% έως 22,5% και υγρασία από 7% έως 13%. Η ποιότητα του ιχθυαλεύρου εξαρτάται από την εποχή της αλίευσης, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, τη θερμοκρασία, την ώρα που τα ψάρια αλιεύονται, το χρόνο αποθήκευσης πριν από την επεξεργασία, τον τρόπο αλιείας και τη σύνθεση των αλιευμάτων. Η επεξεργασία πρέπει να γίνεται το συντομότερο μετά την αλίευση. Υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι παραγωγής ιχθυαλεύρων: άμεση ξήρανση, που είναι η παλαιότερη μέθοδος και θερμική επεξεργασία πριν από την ξήρανση. Η δεύτερη μέθοδος δίνει προϊόντα υψηλότερης ποιότητας (Hertampf & Piedad – Pascal 2000).

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η παραγωγή στις ιχθυοκαλλιέργειες, γεγονός που έχει οδηγήσει σε αυξημένη ζήτηση ιχθυοτροφών και επομένως, σε ραγδαία αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας (Asche & Tveteras 2005). Τα ιχθυάλευρα παράγονται από συγκεκριμένα αλιευμένα ιχθυαποθέματα, τα οποία πλέον έχουν φτάσει στα όρια της βιωσιμότητάς τους, κυρίως λόγω της υπεραλίευσης, κάτι το οποίο προκαλεί στασιμότητα στην παγκόσμια παραγωγή του ιχθυαλεύρου (περίπου 1 εκ. τόνοι ετησίως) εδώ και 20-25 χρόνια, καθώς και αύξησης της τιμής του (Καραπαναγιωτίδης 2018).

Η συνολική παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών αυξήθηκε από 10 εκατ. τόνους το 1984, σε 114,5 εκατ. τόνους το 2018 και φαίνεται να έχει ξεπεράσει την ποσότητα των ιχθύων που προέρχονται από την αλιεία (FAO 2020) (Εικόνα 1.2). Αυτό δείχνει, ότι ο κλάδος των ιχθυοκαλλιεργειών αποτελεί μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με υψηλούς ρυθμούς αύξησης και με σημαντικές προοπτικές (Nogueira *et al.* 2012).



**Εικόνα 1.2 :** Διαθεσιμότητα Ιχθυηρών προς ανθρώπινη κατανάλωση προερχόμενα από την αλιεία και την Υδατοκαλλιέργεια

Πηγή: FAO 2020

Υπολογίζεται πως το 2010 περισσότερο από το 55% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυαλεύρου χρησιμοποιήθηκε στις ιχθυοκαλλιέργειες. Πέρα, όμως, από την πιθανή μελλοντική μείωση στην προσφορά των ιχθυαλεύρων, έχουν διεγερθεί ηθολογικές αντιδράσεις σχετικά με τη χρησιμοποίηση αλιευμένων ιχθύων με σκοπό την παραγωγή ζωοτροφών και όχι για την απευθείας κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα όταν ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού υποσιτίζεται από πρωτεΐνη ζωικής προέλευσης (Καραπαναγιωτίδης 2018).

Συνεπώς, αφού η εμπιστοσύνη για τους συγκεκριμένους θαλάσσιους πόρους μειώνεται σημαντικά, γίνεται μεγάλη προσπάθεια, όσον αφορά το ερευνητικό κομμάτι, για την εύρεση εναλλακτικών πηγών πρώτων υλών για υποκατάσταση ή και εξ' ολοκλήρου αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου από τις ιχθυοτροφές (M. De Francesco *et al.* 2007, G. Estruch *et al.* 2015, S. Moutinho *et al.* 2017).

### **1.5 Αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρα φυτικής προέλευσης**

Λόγω της έλλειψης του Ιχθυαλεύρου και του Ιχθυελαίου είναι πολύ πιθανό μετά από μερικά χρόνια οι ιχθυοτροφές που θα παρασκευάζονται να μην περιέχουν ως κύριο συστατικό τους αυτές τις απαραίτητες πρώτες ύλες. Έτσι, η επιστήμη στρέφεται και προς τις φυτικές πρώτες ύλες και προσπαθεί μέσω ερευνών να ανακαλύψει τέτοιες πρώτες ύλες, αποδοτικότερες ως προς την ανάπτυξη των Ιχθύων (Gatlin *et al.* 2007).

Πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι τα φυτικής προελεύσεως συστατικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντικατάστατα των Ιχθυαλεύρων και Ιχθυελαίων, εάν αυτά δεν έχουν αρνητική επίδραση στους οργανισμούς που σιτίζονται με αυτά (Espe *et al.* 2007, Hansen *et al.* 2011, Lund *et al.* 2011, Yun *et al.* 2012, Valante *et al.* 2016, Daniel 2017). Πολλές έρευνες και πειράματα που έχουν διεξαχθεί, μας δείχνουν ότι οι φυτικές πρωτεΐνες και έλαια δεν έχουν κάποια σημαντική αρνητική επίδραση όσον αφορά την ανάπτυξη των ιχθύων (Merrifield *et al.* 2010, Sheikhzadeh *et al.* 2012, Kpundeh *et al.* 2015, Guo *et al.* 2016, Li *et al.* 2016).

Πιο σημαντική και ευρέως χρησιμοποιούμενη κατηγορία φυτικών πρώτων υλών αποτελούν τα άλευρα ελαιούχων καρπών. Σε αυτά ανήκουν το σογιάλευρο, το άλευρο ελαιοκράμβης, το φοινικάλευρο, το φυστικάλευρο, το ηλιάλευρο, το σουσαμάλευρο, το



άλευρο βαμβακόσπορου, το άλευρο καρύδας και άλλα άλευρα ελαιούχων καρπών. Επόμενη κατηγορία αποτελούν τα σιτηρά όπως το καλαμπόκι, το κριθάρι, το σιτάρι, η βρώμη και άλλα. Στη συνέχεια, ακολουθούν τα όσπρια όπως τα κουκιά, ο αρακάς και ο λούπινος και τέλος τα χερσαία χόρτα.

Ως πλεονεκτήματα των αλεύρων αυτών θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την χαμηλή τιμή διάθεσής τους στην αγορά συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, καθώς επίσης και τις ποσότητες παραγωγής αυτών οι οποίες δεν περιορίζονται. Εμφανίζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β και στον Ρ, ενώ υπάρχει απουσία Ca και βιταμίνης Ε. Τέλος, παρουσιάζουν αυξημένα επίπεδα ινωδών ουσιών παρέχοντάς τους συγκολλητικές ιδιότητες, χρήσιμες για την παρασκευή των ιχθυοτροφών.

Το κυριότερο μειονέκτημα των φυτικών αλεύρων έχει να κάνει με τη χαμηλή περιεκτικότητά τους σε απαραίτητα αμινοξέα και κυρίως σε μεθειονίνη, λυσίνη και Θρεονίνη (Bautista-Teruel *et al.* 2003). Επίσης, οι φυτικές τροφές είναι λιγότερο εύγευστες και αποδεκτές από τους ιχθύες εξαιτίας της υψηλότερης περιεκτικότητάς τους σε υδατάνθρακες και ινώδεις ουσίες σε σχέση με τα ιχθυάλευρα. Χαρακτηρίζονται επίσης, από αρκετά χαμηλή πεπτικότητα (Gatlin *et al.* 2007). Πολύ βασικό μειονέκτημα είναι ότι δε διαθέτουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα με 20 και πάνω άτομα άνθρακα, τα οποία είναι διατροφικά απαραίτητα για όλους τους ζωϊκούς οργανισμούς. Μέσω ερευνών που έχουν γίνει, έχει φανεί ότι οι φυτικές τροφές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αντί-διατροφικούς παράγοντες (Welker *et al.* 2016), που αν δεν αδρανοποιηθούν, μέσω της κατάλληλης επεξεργασίας τους μπορεί να προκαλέσουν μείωση της ανάπτυξης, τοξικότητες και προβλήματα υγείας στους διατρεφόμενους ιχθύες (Καραπαναγιωτίδης 2012). Ως ποιοτικά χαρακτηριστικά τελικού προϊόντος έχει βρεθεί ότι έχουμε λιγότερο

palatability (Tortensen *et al.* 2008) καθώς επίσης υπάρχει αυξημένη υποβάθμιση των μυϊκών πρωτεϊνών (Snyder *et al.* 2012) σε σχέση με τα ιχθυάλευρα.

Έχουν διεξαχθεί αρκετά πειράματα για την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου και του Ιχθυελαίου. Η A. Sitja-Bobadilla, (2005) έκανε μερική έως και ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με γλουτένη αραβοσίτου, γλουτένη σίτου, μπιζέλια, άλευρο ελαιοκράμβης και λούπινο σε ποσοστά 50, 75 και 100% σε σιτηρέσιο Τσιπούρας (*Sparus aurata*). Η ανάπτυξη για τις αντικαταστάσεις 50 και 75% ήταν πιο χαμηλή από το ιχθυάλευρο ενώ στην 100% αντικατάσταση δεν υπήρξε ανάπτυξη. Ο S. Torrecillas το 2017 έκανε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου με άλευρο και έλαιο φυτικής προέλευσης σε πειραματικό σιτηρέσιο Λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) και διαπίστωσε ότι μπορούμε να μειώσουμε το ιχθυάλευρο κατά 10% και το ιχθυέλαιο κατά 3% χωρίς να έχουμε καμία μείωση της ανάπτυξης του ιχθύος.

Αρκετές από τις φυτικές αυτές πρώτες ύλες που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν χρησιμοποιηθεί στις παρασκευές ιχθυοτροφών και έχει δειχθεί μέσα από πολλά πειράματα ότι για μία σωστή ανάπτυξη ιχθύων ανάλογη με αυτήν του ιχθυαλεύρου, θα πρέπει να ακολουθήσουν, σε συνδυασμό με τις φυτικές πρώτες ύλες και κάποιες άλλες τεχνικές, όπως η προσθήκη ανεπαρκών αμινοξέων (Goda *et al.* 2007), εφαρμογές ανεπαρκών ενζύμων (Jiang *et al.* 2014), 1 ημέρα σίτιση με τροφή με ιχθυάλευρο - 1 ημέρα με τροφή με φυτικές πρώτες ύλες (Nandeeshha *et al.* 2002), συμπλήρωση ορισμένων πρόσθετων ουσιών (Johnson *et al.* 2015) ή και προμιγμάτων βιταμινών καθώς και άλλες διατροφικές τεχνικές (Lee *et al.* 2015).

## 1.6 Η χρήση των μικροφυκών στις ιχθυοτροφές

Τα μικροφύκη είναι μία πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση, διότι λόγω της χημικής τους σύστασης έχουν ως στόχο την ενίσχυση της θρεπτικής αξίας των συμβατικών ιχθυοτροφών και την τουλάχιστον εν μέρη υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από τις ιχθυοτροφές (Luratch 2009). Δεν είναι παρά μόνο μικροσκοπικοί (αόρατοι με γυμνό μάτι) φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί που ανήκουν στην κατηγορία των φυκών. Παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι η ευκολία στην καλλιέργειά τους, στον χειρισμό και στην πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών. Μπορούν να καλλιεργηθούν τόσο σε γλυκά όσο και σε αλμυρά νερά σε παγκόσμιο επίπεδο ως ζωντανή τροφή κυρίως, αλλά και ως συμπληρώματα διατροφής λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες 30-55% (Lopez *et al.* 2010) και λίπη 13-33% με σημαντικές ποσότητες πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (HUFA), τα οποία είναι απαραίτητα στη διατροφή των ιχθύων (Camacho-Rodriguez *et al.* 2013). Επίσης, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες (Brown *et al.* 1999) και σε διάφορες χρωστικές ουσίες όπως είναι η χλωροφύλλη, η φυκοκυανίνη και τα καροτενοειδή (ασταξανθίνη, β-καροτένιο κ.α). Τα κυριότερα στελέχη που καλλιεργούνται ανήκουν στα γένη *Chlorella*, *Dunaliella*, *Arthrospira*, *Nannochloropsis*, *Isochrysis*, *Hematococcus* και *Schizochytrium* (Brennan & Owende 2010, Harun *et al.* 2010, Pulz & Gross 2004) και σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει έχει βρεθεί ότι παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση, καθώς επίσης ενισχύουν το ανοσοποιητικό και το νευρικό σύστημα.

Σαν μειονέκτημα το μόνο που μπορούμε να πούμε, προς το παρόν, είναι η υψηλή τιμή ανά κιλό ξηρής βιομάζας, όπως αναφέρουν και οι Norsker *et al.* 2011, η οποία φτάνει τα 10€/Kg και είναι υψηλή για χρήση στις ιχθυοτροφές. Επιπλέον, έχουν γίνει και κάποιες αναφορές με επιζήμιες επιπτώσεις στην ανάπτυξη των ψαριών που είχαν να κάνουν με

το μεταβολισμό κυρίως λόγω της μακροχρόνιας χρήσης των μικροάλγεων στην τροφή, όπως αναφέρουν οι Davies *et al.* 1997.

Τα περισσότερα πειράματα που έχουν διεξαχθεί μας δείχνουν ότι δεν υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των ιχθύων. Οι Vizcaino A. J. *et al.* 2014 έκαναν αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο από το μικροφύκος *Scenedesmus almeriensis* ,στο σιτηρέσιο Τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε ποσοστό αντικατάστασης 12, 20, 25 και 39% και οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι καμία από τις αντικαταστάσεις δεν είχε αρνητικά αποτελέσματα, με την 20% αντικατάσταση να έχει τη μεγαλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με την τροφή μάρτυρα.

### **1.7 Το άλευρο από το μικροφύκος του είδους *Chlorella vulgaris* ως συστατικό ιχθυοτροφών**

Η *Chlorella vulgaris* είναι ένα μονοκύτταρο φύκος που απαντάται σε γλυκό νερό και έχει υψηλή διατροφική αξία. Έχει υψηλή απόδοση φωτοσύνθεσης και τα κύτταρα είναι πλούσια σε χλωροφύλλη, πρωτεΐνες, λιπίδια, πολυσακχαρίτες και άλλες θρεπτικές ουσίες με μεγάλη βιοδραστικότητα (Rahimnejad *et al.* 2016). Εκτός από το υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών (50-60%), λιπιδίων (2-22%) και υδατανθράκων (8-26%), περιέχουν επίσης αρκετά σημαντικό ποσοστό βιταμινών και μετάλλων. Η παραγωγή αυτών των μακρομορίων διαφέρει ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται για την δημιουργία της βιομάζας (Pribyl *et al.* 2012). Υπό μη κατάλληλες συνθήκες, η βιομάζα τους μπορεί να μειώνεται αλλά ταυτόχρονα να αυξάνονται τα λιπίδια και η περιεκτικότητα τους σε άμυλο. Υπό ευνοϊκές συνθήκες, η περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνες αυξάνεται μαζί με την βιομάζα (Chisti 2001).

Πειραματική έρευνα με την τσιπούρα απέδειξε πως η προσθήκη ποσότητας *C. vulgaris* στις ιχθυοτροφές, λόγω των καροτενοειδών που περιέχουν, θα μπορούσε να βοηθήσει στην ελκυστικότητα του είδους στην αγορά (Gouveia *et al.* 2002). Μια άλλη έρευνα σε rotifer *Brachionus* απέδειξε πως η χρήση *C. vulgaris* αύξησε την πυκνότητα του είδους και ευνόησε την καλλιέργεια του (Maruyama *et al.* 1997). Επίσης σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Khani *et al.* 2017 για το είδος *Cyprinus carpio* έδειξε ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από *C. vulgaris* σε ποσοστό 2%, 5%, 7% και 10% είχε καλύτερα αποτελέσματα στο ποσοστό αντικατάστασης 5%.

## 1.8 Σκοπός της εργασίας

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες πάνω στα μικροφύκη τις τελευταίες δύο δεκαετίες και έχει αποδειχθεί ότι αυτά έχουν πολλές ευεργετικές ιδιότητες που τα καθιστούν πολύ χρήσιμα στην διατροφή των ιχθύων. Αν και ακόμα δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών, λόγω της υψηλής τιμής διάθεσής τους, έχουν πολλές δυνατότητες στο να αντικαταστήσουν το ιχθυάλευρο.

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης του αλεύρου προερχόμενου από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris*, στο να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου στο σιτηρέσιο του εκτρεφόμενου λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Δειγματοληψίες

Το πείραμα έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Βόλο. Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 420 ιχθύδια του είδους *Dicentrarchus labrax* (Λαβράκι), με μέσο βάρος 23g, τα οποία προέρχονταν από διατροφικό πείραμα, όπου είχαν διαχωριστεί σε 4 διατροφικές ομάδες με την κάθε ομάδα να σιτίζεται με διαφορετικό σιτηρέσιο. Οι ιχθύες της ομάδας μάρτυρα CONTROL (FM) διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο ως ζωική πηγή πρωτεΐνης στην τροφή τους, ενώ οι υπόλοιπες ομάδες ιχθύων διατράφηκαν με ιχθυάλευρο και με άλευρο του μικροφύκου *Chlorella vulgaris* (CM), όπου αντικατέστησε την πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου κατά 10% (CM10), 20% (CM20) και 30% (CM30).

Οι ομάδες αποτελούνταν από 35 άτομα, από τρεις επαναλήψεις η κάθε μία, και τοποθετήθηκαν στις πειραματικές δεξαμενές του τμήματος, όπου και δόθηκε χρονικό διάστημα 10 ημερών για την προσαρμογή τους. Τα πειραματικά σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά (21,5 MJ/kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά (52% της τροφής).

Η εκτροφή διήρκησε 78 ημέρες και τα ψάρια σιτίζονταν σε κορεσμό (*ad libitum*) δύο φορές την ημέρα, 11:00 π.μ και 17:00 μ.μ., ενώ μία ημέρα την εβδομάδα η χορήγηση της τροφής πραγματοποιούνταν μία φορά την ημέρα (11:00 π.μ.). Τα ψάρια θανατώθηκαν με πρωτόκολλο θανάτωσης. Έπειτα καταψύχθηκαν στους - 40°C.

Έπειτα ξεκίνησε η διαδικασία των χημικών αναλύσεων της θρεπτικής σύστασης στα σώματα των ψαριών. Μετρήσεις για την υγρασία, πρωτεΐνη, λίπος, τέφρα,

υδατάνθρακες και ενέργεια πραγματοποιήθηκαν για τη σύγκριση της κάθε διατροφικής ομάδας ως προς την θρεπτική της σύσταση ολόκληρου του σώματος (wholebody).

## 2.2 Χημικές αναλύσεις

Αφού οι ιχθύες θανατώθηκαν με ισχυρή αναισθητοποίηση, συλλέχθηκαν από κάθε διατροφική ομάδα έξι (6) άτομα για τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρου του σώματος (Εικ. 2.1)



**Εικόνα 1.2 :** Απεικόνιση δειγμάτων από τις διατροφικές ομάδες CONTROL (FM), CM10, CM20, CM30

**Πηγή:** Προσωπικό αρχείο

### 2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας / ξηρής ουσίας σε ολόκληρο το σώμα των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C. (AOAC 1995) Στην συνέχεια, αφού πέρασε ο χρόνος ξήρανσης, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίζεται ως εξής:

$$W_{\text{ξηρής ουσίας}} = W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}}$$

$$\text{Ξηρή ουσία \%} = \frac{(W_{\text{ξηρής ουσίας}} \times 100)}{W_{\text{δει/τος}}}$$

Όμοια,

$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

$$\text{Υγρασία \%} = \frac{(W_{\text{υγρασία}} \times 100)}{W_{\text{δει/τος}}}$$

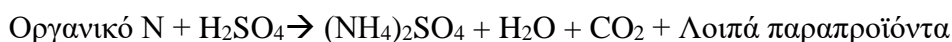
### 2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών των σωμάτων των ψαριών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995). Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων έχει ως εξής:

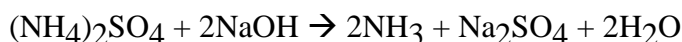
Σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα βάρους 0,2g και μεταφέρθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστέθηκαν 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5g Potassium Sulphate  $K_2SO_4$  και 5g copper (II) Sulphate  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Στην συνέχεια, προστέθηκαν στα



δείγματα 15ml πυκνού θειικού οξέως (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltac 2000. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους 150°C για 85min. Με την συσκευή πέψης επιτυγχάνεται το βράσιμο των δειγμάτων και με την βοήθεια του πυκνού θειικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θειικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:

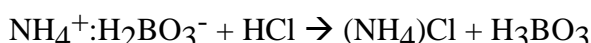


Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης, τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H<sub>2</sub>O, 80 ml NaOH και 50 ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Η διαδικασία διαρκεί 6min. Το θειικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Η αμμωνία (NH<sub>4</sub>) έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ (H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνεται σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ερυθρού του μεθυλενίου (δείκτη pH).

Το τελικό στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η τιτλοδότηση του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχής κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του

αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε φούξια, καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{Ολικές Αζωτούχες ενώσεις (\%)} = \frac{[(ml\ HCl - ml\ τυφλού) * 0,8754]}{\text{βάρος δείγματος, g}}$$

### 2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσιών και στα πειραματικά σιτηρέσια έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995). Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια, εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα της τροφής σε κάποιες περιπτώσεις, πρέπει να είναι ξηραμένη και αλεσμένη. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 140ml πετρελαϊκού αιθέρα, στον οποίο εμβαπτίστηκαν τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους χάρτινους ηθμούς μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5h, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαϊκού αιθέρα τα δοχεία

(χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15min στους 105°C. Στην συνέχεια, τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και πάρθηκαν οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικές λιπαρές ουσίες, \%} = (W(g)W(g))_{\text{τελικό δοχείο εκχύλισης}}$$

#### 2.2.4 Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία ζυγίζουμε δείγμα τροφής βάρους 1,5g, σε ζυγαριά ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια τοποθετούνται τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα, η διαδικασία πραγματοποιείται στους 600°C για 24h. (AOAC 1990). Μετά το πέρας του εικοσιτετραώρου τα δείγματα μένουν για 1h ώστε να κρυώσουν. Στην συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις βάρους των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = \frac{(W_{\text{τέφρας}}(g) \times 100)}{W_{\text{δείγματος}}(g)}$$

#### 2.2.5 Προσδιορισμός ενέργειας

Ο προσδιορισμός της ενέργειας των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια θερμιδόμετρου. Κατά την πλήρη καύση ενός δείγματος εκλύεται θερμότητα, η οποία αποτελεί τη θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) του δείγματος. Η καύση πραγματοποιείται μέσα σε ένα κλειστό ανοξείδωτο δοχείο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει το νερό, το οποίο με τη σειρά του θερμαίνει ένα εξωτερικό δοχείο γνωστής θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφεται από

ένα θερμόμετρο και έπειτα υπολογίζεται η θερμιδική αξία στο περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε. Τα αποτελέσματα δίνονται ηλεκτρονικά σε Kcal/g.

### **2.3 Στατιστική Ανάλυση**

Αφού ολοκληρώθηκαν οι αναλύσεις και η συλλογή δεδομένων, τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν και δημιουργήθηκαν πίνακες με θρεπτικές συστάσεις χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό πρόγραμμα EXCEL. Το στατιστικό πακέτο SPSS 17 χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και η σύγκριση των μέσων όρων των διαφόρων παραμέτρων έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης των διακυμάνσεων μονής κατεύθυνσης (one-way ANOVA). Στις περιπτώσεις που δεν ικανοποιούσαν την προϋπόθεση ομοιογένειας των παραλλακτικότητων, τα δεδομένα τροποποιήθηκαν. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις της χημικής σύστασης ολόκληρου του σώματος (wholebody) των ιχθύων.

#### 3.1 Θρεπτική σύσταση ολικού σώματος λαβρακιού

##### 3.1.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία του ολικού σώματος του λαβρακιού διατρεφόμενου με τα πειραματικά σιτηρέσια ήταν  $65,29\% \pm 1,68$  για την διατροφική ομάδα του μάρτυρα (FM),  $65,67\% \pm 1,89$  για την διατροφική ομάδα CM10,  $67,96\% \pm 3,17$  για την διατροφική ομάδα CM20 και  $67,97\% \pm 1,35$  για την διατροφική ομάδα CM30 (Πίνακας 3.1). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

**Πίνακας 3.1** Περιεκτικότητα (%) σε υγρασία του λαβρακιού διατρεφόμενο με ιχθυάλευρο ή άλευρο μικροφύκους *Chlorella vulgaris* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	CM10	CM20	CM30
1	64,67	66,19	69,98	67,67
2	65,58	64,30	73,08	66,74
3	66,12	64,01	68,30	68,02
4	62,56	67,60	65,13	68,25
5	67,62	63,85	64,88	70,40
6	65,24	68,09	66,39	66,72
M.O	<b>65,29</b>	<b>65,67</b>	<b>67,96</b>	<b>67,97</b>
T.A.	<b>1,68</b>	<b>1,89</b>	<b>3,17</b>	<b>1,35</b>

**Σημείωση:** M.O. = μέσος όρος, T.A. = τυπική απόκλιση.

### 3.1.2 Περιεκτικότητα σε ενέργεια

Η περιεκτικότητα σε ενέργεια στο ολικό σώμα του λαβρακιού ήταν  $25,78\% \pm 0,73$  για την διατροφική ομάδα του μάρτυρα (FM),  $25,59\% \pm 1,31$  για την διατροφική ομάδα CM10,  $25,31\% \pm 1,37$  για την διατροφική ομάδα CM20 και  $24,17\% \pm 0,61$  για την διατροφική ομάδα CM30 (Πίνακας 3.2). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

**Πίνακας 3.2** Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε ενέργεια του λαβρακιού διατρεφόμενο με ιχθυάλευρο ή άλευρο μικροφύκους *Chlorella vulgaris* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	CM10	CM20	CM30
1	25,86	26,84	23,90	23,65
2	25,86	26,38	23,77	24,74
3	26,31	24,41	26,64	23,68
4	26,67	24,61	26,35	24,11
5	24,56	27,08	25,90	23,75
6	25,42	24,23	-	25,10
M.O	<b>25,78</b>	<b>25,59</b>	<b>25,31</b>	<b>24,17</b>
T.A.	<b>0,73</b>	<b>1,31</b>	<b>1,37</b>	<b>0,61</b>

Σημείωση: M.O. = μέσος όρος, T.A. = τυπική απόκλιση.

### 3.1.3 Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η περιεκτικότητα σε τέφρα του ολικού σώματος του λαβρακιού ήταν  $11,60\% \pm 1,49$  για την διατροφική ομάδα του μάρτυρα (FM),  $11,02\% \pm 0,92$  για την διατροφική ομάδα CM10,  $11,83\% \pm 1,52$  για την διατροφική ομάδα CM20 και  $12,38\% \pm 0,97$  για

την διατροφική ομάδα CM30 (Πίνακας 3.3). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

**Πίνακας 3.3.** Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε τέφρα του λαβρακιού διατρεφόμενο με ιχθυάλευρο ή άλευρο μικροφύκους *Chlorella vulgaris* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	CM10	CM20	CM30
1	12,02	10,78	14,24	11,83
2	9,78	10,18	12,14	11,26
3	12,45	10,37	10,27	13,55
4	10,63	12,26	11,57	12,25
5	13,93	10,43	10,94	13,57
6	10,82	12,08	-	11,81
M.O	<b>11,60</b>	<b>11,02</b>	<b>11,83</b>	<b>12,38</b>
T.A.	<b>1,49</b>	<b>0,92</b>	<b>1,52</b>	<b>0,97</b>

**Σημείωση:** M.O. = μέσος όρος, T.A. = τυπική απόκλιση.

### 3.1.4 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες

Η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες του ολικού σώματος του λαβρακιού ήταν  $50,73\% \pm 3,76$  για την διατροφική ομάδα του μάρτυρα (FM),  $47,83\% \pm 2,72$  για την διατροφική ομάδα CM10,  $51,71\% \pm 4,85$  για την διατροφική ομάδα CM20 και  $53,06\% \pm 1,62$  για την διατροφική ομάδα CM30 (Πίνακας 3.3). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

**Πίνακας 3.4.** Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) ολικές αζωτούχες ουσίες του λαβρακιού διατρεφόμενο με ιχθυάλευρο ή άλευρο μικροφύκους *Chlorella vulgaris* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	CM10	CM20	CM30
1	54,21	47,20	53,02	52,52
2	46,84	46,57	59,45	52,47
3	46,77	46,13	54,62	52,01
4	54,34	46,59	48,20	56,33
5	51,50	52,65	47,52	52,71
6	-	-	47,47	52,30
M.O	<b>50,73</b>	<b>47,83</b>	<b>51,71</b>	<b>53,06</b>
T.A.	<b>3,76</b>	<b>2,72</b>	<b>4,85</b>	<b>1,62</b>

**Σημείωση:** M.O. = μέσος όρος, T.A. = τυπική απόκλιση.

### 3.1.5 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες

Η περιεκτικότητα σε λίπος στο ολικό σώμα του λαβρακιού ήταν  $35,47\% \pm 2,99$  για την διατροφική ομάδα του μάρτυρα (FM),  $34,02\% \pm 4,03$  για την διατροφική ομάδα CM10,  $32,92\% \pm 4,69$  για την διατροφική ομάδα CM20 και  $31,35\% \pm 2,88$  για την διατροφική ομάδα CM30 (Πίνακας 3.5). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

**Πίνακας 3.5** Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε ολικές λιπαρές ουσίες του λαβρακιού διατρεφόμενο με ιχθυάλευρο ή άλευρο μικροφύκους *Chlorella vulgaris* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	CM10	CM20	CM30
1	36,65	37,15	27,91	30,71
2	37,33	40,66	30,67	34,30
3	36,76	35,55	37,90	27,84
4	39,51	32,15	37,40	32,54
5	30,48	36,07	35,83	27,52



6	34,88	29,44	27,78	34,68
7	-	-	-	33,73
8	-	-	-	29,46
M.O	<b>35,47</b>	<b>34,02</b>	<b>32,92</b>	<b>31,35</b>
T.A.	<b>2,99</b>	<b>4,03</b>	<b>4,69</b>	<b>2,88</b>

**Σημείωση:** M.O. = μέσος όρος, T.A. = τυπική απόκλιση.

**Πίνακας 3.6** Συγκεντρωτικός πίνακας χημικών αναλύσεων (επί ξηράς ουσίας) για το ολικό σώμα του λαβρακιού.

	<b>FM</b>	<b>CM10</b>	<b>CM20</b>	<b>CM30</b>
Υγρασία (% επί νωπού)	65,29 ± 1,68	65,67 ± 1,89	67,96 ± 3,17	67,97 ± 1,35
Ενέργεια (%)	25,78 ± 0,73	25,59 ± 1,31	25,31 ± 1,37	24,17 ± 0,61
Τέφρα (%)	11,60 ± 1,49	11,02 ± 0,92	11,83 ± 1,52	12,38 ± 0,97
Πρωτεΐνη (%)	50,73 ± 3,76	47,83 ± 2,72	51,71 ± 4,85	53,06 ± 1,62
Λίπος (%)	35,47 ± 2,99	34,02 ± 4,03	32,92 ± 4,69	31,35 ± 2,88

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία μελετήθηκε η καταλληλότητα του σιτηρεσίου του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) εφαρμόζοντας υποκαταστάσεις του αλεύρου προερχόμενου από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris*, της τάξης του 10, 20 και 30%.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας δείχθηκε ότι η αντικατάσταση της διαιτητικής πρωτεΐνης αλεύρου από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris* σε όλα τα εξετασθέντα επίπεδα δεν επηρέασε σημαντικά την θρεπτική σύσταση ολόκληρου του σώματος του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*). Δεδομένου ότι όλες οι διατροφικές ομάδες ψαριών είχαν παρόμοια ανάπτυξη, πρόσληψη τροφής και μετατρεψιμότητα τροφής (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται), τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι το άλευρο του μικροφύκου *Chlorella vulgaris* μεταβολίζεται και εναποτίθεται στους ιστούς του *D. labrax* σε επίπεδο παρόμοιο με το ιχθυάλευρο. Ωστόσο παρατηρήθηκε μία τάση αυξανόμενης περιεκτικότητας ολικών πρωτεϊνών στο σώμα του λαβρακιού, με την αυξανόμενη χορήγηση αλεύρου του μικροφύκου *C. vulgaris* στο σιτηρέσιο, χωρίς παρ' όλα αυτά να υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ( $P > 0,05$ ). Επίσης, παρατηρήθηκε μία τάση μείωσης της λιποπεριεκτικότητας στο σώμα των ιχθύων, καθώς αυξανόταν η περιεκτικότητα στο άλευρο του μικροφύκου *C. vulgaris*, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικώς σημαντική ( $P > 0,05$ ). Από τα αποτελέσματα της έρευνας, διαπιστώνεται ότι το άλευρο από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris* μπορεί να υποκαταστήσει το ιχθυάλευρο σε ποσοστό έως και 30% στο σιτηρέσιο του λαβρακιού *Dicentrarchus labrax*.

Μέχρι σήμερα, δεν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που να διερευνούν την καταλληλότητα αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκου *C.*

*vulgaris* στο λαβράκι. Ωστόσο, ο μικρός αριθμός μελετών που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα σε άλλα είδη ιχθύων με τη χρήση αλεύρου *C. vulgaris*, έχουν δείξει ποικίλα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε με αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο *C. vulgaris* για το είδος *Oreochromis niloticus* σε ποσοστά 10%, 25%, 50% και 75% έδειξε ότι η αντικατάσταση ήταν επιτυχής μέχρι και 50% ποσοστό αντικατάστασης (Badwy *et al.* 2008). Επίσης, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Khani *et al.* (2017) για το είδος *Cyprinus carpio* έδειξε ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο *C. vulgaris* σε ποσοστό 2%, 5%, 7% και 10% είχε καλύτερα αποτελέσματα στο 5% της αντικατάστασης. Συγκεκριμένα υπήρχε αύξηση στους δείκτες SGR και PER, καθώς και σημαντική ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Τέλος, σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Soha *et al.* (2018), όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε με άλευρο *Spirulina platensis* και *Chlorella vulgaris* σε ποσοστά 3, 5 και 7% στο σιτηρέσιο του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), φάνηκε ότι η θρεπτική σύσταση του σώματος των ιχθύων δεν επηρεάστηκε σε σχέση με την τροφή μάρτυρα.

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη διαπίστωσε ότι το άλευρο προερχόμενο από το μικροφύκος *Chlorella vulgaris* μπορεί να υποκαταστήσει το ιχθυάλευρο σε ποσοστό έως και 30%, χωρίς να επηρεάσει τη λιποπεριεκτικότητα καθώς και την περιεκτικότητα στις ολικές πρωτεΐνες στη σάρκα των ατόμων του λαβρακιού. Απαραίτητη όμως κρίνεται η περαιτέρω έρευνα στο είδος της του λαβρακιού για την εξακρίβωση, εάν η *C. Vulgaris* εξακολουθεί να αποτελεί κατάλληλο συστατικό για αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου και σε μεγαλύτερα ποσοστά από τα παρόντα που δοκιμάστηκαν στην παρούσα μελέτη. Επίσης, μελλοντικά θα πρέπει να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες πάνω σε διαφορετικές παραμέτρους, οι οποίες μπορεί να επηρεάζονται από τη διατροφή του

λαβρακιού με το άλευρο του μικροφύκουσ *Chlorella vulgaris*, όπως είναι η πεπτικότητα της τροφής και το stress μεταξύ άλλων.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρου του σώματος του λαβρακιού με βιομάζα του μικροφύκους *Chlorella vulgaris*, συνοψίζονται στα εξής:

- Η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκους *Chlorella vulgaris*, δεν επηρέασε ( $P>0,05$ ) την περιεκτικότητα των ολικών πρωτεϊνών στο σώμα του λαβρακιού, αν και παρατηρήθηκε μία αυξητική τάση με την αύξηση της συγκέντρωσης του μικροφύκους.
- Η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκους *Chlorella vulgaris*, δεν επηρέασε ( $P>0,05$ ) την λιποπεριεκτικότητα στο σώμα του λαβρακιού, αν και παρατηρήθηκε μία τάση μείωσης της λιποπεριεκτικότητας με την αύξηση της συγκέντρωσης του μικροφύκους.
- Η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκους *Chlorella vulgaris*, δεν επηρέασε ( $P>0,05$ ) την υγρασία στο σώμα του λαβρακιού.
- Η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκους *Chlorella vulgaris*, δεν επηρέασε ( $P>0,05$ ) την περιεκτικότητα σε ολική ανόργανη ουσία (τέφρα) στο σώμα του λαβρακιού.
- Η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο του μικροφύκους *Chlorella vulgaris*, δεν επηρέασε ( $P>0,05$ ) την περιεκτικότητα σε ενέργεια στο σώμα του λαβρακιού.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ○ Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Alasalvar C., Taylor K. D. A., Zubcov E., Shahidi F., Alexis M. (2002). Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food chemistry*, 79(2), 145-150.
- Arino A., Beltran J. A., Roncales P. (2003). FISH| Dietary Importance of Fish and Shellfish.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995). Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Badwy T. M., Ibrahim E. M., Zeinhom M. M. (2008, October). Partial replacement of fish meal with dried microalga (*Chlorella spp.* and *Scenedesmus spp.*) in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. In 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture (pp. 801-811).
- Bautista-Teruel M. N., Fermin A. C., Koshio S. S. (2003). Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: animal and plant protein sources. *Aquaculture*, 219(1-4), 645-653.
- Brown M. R., Mular M., Miller I., Farmer C., Trenerry C., (1999). The vitamin content of microalgae used in aquaculture. *Journal of Applied Phycology* 11, 247–255.
- Camacho-Rodríguez J., Cerón-García M.C., González-López C.V., Fernández-Sevilla J.M., Contreras-Gómez A., Molina-Grima E., (2013). A low-cost culture medium for the production of *Nannochloropsis gaditana* biomass optimized for aquaculture. *Biotechnology Bioresource* 144, 57–66.
- Cordier M., Brichon G., Weber J. M., Zwingelstein G., (2002). Changes in the fatty acid composition of phospholipids in tissues of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during an annual cycle. Roles of environmental temperature and salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 133(3), 281-288.

- Childress J.J., Price M.H., Favuzzi J., Cowles D. (1990) Chemical composition of midwater fishes as a function of depth of occurrence off the Hawaiian Islands: food availability as a selective factor? *Marine Biology* 105:235-246.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, 25(3), 294-306.
- Cui Z., Wang Y. (2007) Temporal changes in body mass, body composition and metabolism of gibel carp *Carassius auratus gibelio* during food deprivation. *Journal of Fish Biology* 23:215-220.
- Davies S.J., Brown M.T., Camilleri M., (1997). Preliminary assessment of the seaweed *Porphyra purpurea* in artificial diets for thick-lipped grey mullet (*Chelon labrosus*). *Aquaculture* 152, 249-258.
- Dawson A.S., Grimm A.S. (1980) Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and liveer of adult female plaice, *Pleuronectes platessa L.* *Journal of Fish Biology* 16:493-504.
- De Francesco M., Parisi G., Pérez-Sanchez J., Gomez-Réqueni P., Medale F., Kaushik S. J., Poli B. M. (2007). Effect of high-level fish meal replacement by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on growth and body/fillet quality traits. *Aquaculture Nutrition*, 13(5), 361-372.
- Drazen J.C. (2007)Depth related trends in proximate composition of demersal fishes in the eastern North Pacific. *Deep-Sea Research I* 54: 203-219.
- Dumas A., Lange C.F.M., France J., Bureau D.P. (2007) Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 273:165-181.
- Eliasson J.E., Vahl O., (1982) Seasonal variation in biochemical composition and energy content of liver, gonad, and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua*, from Balsfjoren, northern Norway. *Journal of Fish Biology* 20:707-716.
- Eroldoğan O. T., Kumlu M. E. T. İ. N., Aktaş M., (2004). Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax L.* reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, 231(1-4), 501-515.
- Estruch G., Collado M. C., Peñaranda D. S., Vidal A. T., Cerdá M. J., Martínez G. P., Martinez-Llorens S. (2015). Impact of fishmeal replacement in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on the gastrointestinal microbiota determined by pyrosequencing the 16S rRNA gene. *PloS one*, 10(8), e0136389.

- Gatlin III D. M., Barrows F. T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T. G., Hardy R. W., Wurtele E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture research*, 38(6), 551-579.
- Goda A. M., El-Haroun E. R., Kabir Chowdhury M. A. (2007). Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 38(3), 279-287.
- Griffiths D., Krikwood R.C. (1995) Seasonal variation in growth, mortality and fat stores of roach and perch in Lough Neagh, northern Ireland. *Journal of Fish Biology* 47:537-554.
- Gouveia L., Choubert G., Pereira N., Santinha J., Empis J., Gomes E. (2002). Pigmentation of gilthead seabream, *Sparus aurata* (1875), using *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga. *Aquaculture Research*, 33(12), 987-993.
- Haard N. (1992) Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25:289-307.
- Henderson R.J., Tocher D.R. (1987) The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog. Lipid Res* 26:281-347.
- Holdway D.A., Beamish F.W.H. (1984) Specific growth rate and proximate body composition of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 81(2)147-170.
- Hui H.H., Gross N., Kristinsson H.G., Lin M.H., Nip W.K., Siow L.F., Stanfield P.S. (2006) Biochemistry of Sea Food Processing. In: Hui Y.H. (ed) *Food biochemistry and food processing*, Blackwell Publishers, USA, pp. 351-366.
- Huss H.H. (1998) Quality and Quality Changes in Fresh Fish, FAO fisheries technical paper 358, Rome, Italy, p. 20.
- Khani M., Soltani M., Shamsaie Mehrjan M., Foroudi F., Ghaeni M. (2017). The effects of *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2), 832-843.
- Kelley D. F. (1987). Food of bass in UK waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 67(2), 275-286.



- Kpundeh M. D., Qiang J., He J., Yang H., Xu P. (2015). Effects of dietary protein levels on growth performance and haemato-immunological parameters of juvenile genetically improved farmed tilapia (GIFT), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture international*, 23(5), 1189-1201.
- Lall S.P., Parazzo M.P. (1995) Vitamins in fish and shellfish. In: Ruitter (ed) *Fish and fishery products, composition, nutritive properties and stability*. Cab International, Wallingford, United Kingdom pp. 157-186.
- Larson R.G. (1991) Seasonal cycles of reserves in relation to reproduction in *Sebastes*. *Environmental Biology of fishes* 30:57-70.
- Leaute J. P., (1984). Approach of the diet of juveniles of sea bass and common dab, in Bay of Somme (France). *Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes Nantes*, 48(1), 55-63.
- López C.V., Cerón M.C., Ación F.G., Segovia C., Chisti Y., Fernández J.M., (2010). Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass. *Bioresource Technology* 101, 7587–7591.
- Love R.M. (1980) *The Chemical Biology of Fishes*. *Advances 1968–1977*, vol. 2, Academic Press, London, pp. 943.
- Merrifield D. L., Dimitroglou A., Foey A., Davies S. J., Baker R. T., Børgwald J., Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302(1-2), 1-18.
- Miles R.D. and Chapman F.A. (2006) *The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets*. Institute of Food and Agricultural Sciences, pp: 1 – 6.
- Moutinho S., Martínez-Llorens S., Tomás-Vidal A., Jover-Cerdá M., Oliva-Teles A., Peres H. (2017). Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture*, 468, 271-277.
- Nandeesh M. C., Gangadhara B., Manissery J. K. (2002). Further studies on the use of mixed feeding schedules with plant-and animal-based diets for common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 33(14), 1157-1162.
- Norsker NH, Barbosa MJ, Vermuë MH, Wijffels RH., (2011). Microalgal production — a close look at the economics. *Biotechnology Advances* 29, 24–7.

- Papoutsoglou S., Costello M. J., Tziha G. (1996). Environmental conditions at sea-cages, and ectoparasites on farmed European sea-bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), and gilt-head sea-bream, *Sparus aurata* L., at two farms in Greece. *Aquaculture Research*, 27(1), 25-34.
- Papoutsoglou S. E., Tziha G., Vrettos X., Athanasiou A. (1998). Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. *Aquacultural Engineering*, 18(2), 135-144.
- Pickett G. D., Pawson, M. G., (1994). *Sea Bass: Biology* (Vol. 12). Springer Science & Business Media.
- S Hasanein S., Saleh N. E., Saleh N. E., S. El-Sayed H., M. Helal A., (2018). The Effect of dietary supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae on the growth and disease resistance of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 22(4), 249-262.
- Shearer K.D. (1994) Factors affecting the proximate composition of culture fish with emphasis on salmonids. *Acuaquulture* 119:63-88.
- Sheikhzadeh N., Tayefi-Nasrabadi H., Oushani A. K., Enferadi M. H. N. (2012). Effects of *Haematococcus pluvialis* supplementation on antioxidant system and metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish physiology and biochemistry*, 38(2), 413-419.
- Sheridan M.A. (1988) Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comp. Biochemistry and Physiology* 90(4): 679-690.
- Sitjà-Bobadilla A., Padrós F., Aguilera C., Alvarez-Pellitero P. (2005). Epidemiology of *Cryptosporidium molnari* in Spanish gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) cultures: from hatchery to market size. *Applied and environmental microbiology*, 71(1), 131-139.
- Sitjà-Bobadilla A., Peña-Llopis S., Gómez-Requeni P., Medale F., Kaushik S., Pérez-Sánchez J. (2005). Effect of fish meal replacement by plant protein sources on non-specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 249(1-4), 387-400.
- Torrecillas S., Mompel D., Caballero M. J., Montero D., Merrifield D., Rodiles A., Izquierdo M. (2017). Effect of fishmeal and fish oil replacement by vegetable meals

- and oils on gut health of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 468, 386-398.
- Torstensen B. E., Espe M., Sanden M., Stubhaug I., Waagbø R., Hemre G. I., Berntssen M. H. G. (2008). Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture*, 285(1-4), 193-200.
- Turchini G.M., Mentasti T., Froyland L., Orban E., Caprino F., Moretti V.M., Valfre F. (2003) Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta L.*). *Aquaculture* 225:251–267.
- Venturini G., Cataldi E., Marino G., Pucci P., Bronzi P., Cataudella S., (1992). Serum ions concentration and ATPase activity in gills, kidney and oesophagus of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Pisces, Perciformes) during acclimation trials to fresh water. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 103(3), 451-454.
- Vizcaíno A. J., López G., Sáez M. I., Jiménez J. A., Barros A., Hidalgo L., Camacho-Rodriguez J., Martinez T. F., Ceron-Garcia M. C., Alarcón F. J. (2014). Effects of the microalga *Scenedesmus almeriensis* as fishmeal alternative in diets for gilthead sea bream, *Sparus aurata*, juveniles. *Aquaculture*, 431, 34-43.
- Zaboukas N., Miliou H., Megalofonou P., Moraitou- Apostolopoulou M. (2006) Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sarda sarda* from the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity. *Journal of Fish Biology* 69: 347–362.

ο **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Καραπαναγιωτίδης Ι. (2012). Κεφάλαιο, 5ο. – Λιπίδια,. Στοιχεία Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένη Διατροφή Ιχθύων και Καρκινοειδών (Ε. Μεντέ & Ι. Νέγκας). Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 163-250
- Καραπαναγιωτίδης Ι. (2018). Σημειώσεις μαθήματος Διατροφής Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών.

Νεοφύτου Ν. Χ. (2015) Βιολογία Ιχθύων & Θαλάσσιων Θηλαστικών. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008) Διατροφή ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, σελ. 846 – 863.

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιιεργειών (ΣΕΘ) (2018). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια. [https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM\\_18\\_GR\(2\).pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR(2).pdf)

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιιεργειών (ΣΕΘ) (2020). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια. [https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM\\_20\\_GR\\_WEB2.pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_20_GR_WEB2.pdf)

- **Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία**

**http1:** [europa.eu/fisheries/european-commission-acts-protect-sea-bass-stock\\_en](http://europa.eu/fisheries/european-commission-acts-protect-sea-bass-stock_en)

**http2:** <http://www.fao.org/nutrition/en/>

**http3:** <http://www.fao.org/publications/sofa/2016/en/>

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the potential use of microalgal biomass and specifically of *Chlorella vulgaris* as a fish meal substitution in the diet of European seabass (*Dicentrarchus labrax*).

Juvenile sea bass with an average weight of 23g, which came from nutritional experiment, were collected and divided into 4 feeding groups with each group being fed a different diet. High quality fishmeal was used as the main animal protein source. The CONTROL feeding group contained only fishmeal, while the other feeding groups contained fishmeal and a biomass of *Chlorella vulgaris* microalgae meal. This biomass, that comes from the microalgae *Chlorella vulgaris*, replaced fishmeal by 10% (CM10), 20% (CM20) and 30% (CM30).

At the end of the nutritional experiment, six (6) samples were collected from each feeding group for the analysis of the nutritional composition of the whole body. Statistical processing of the data showed that all replacements of fishmeal with microalgal biomass from 10% to 30% did not affect body proximate composition of fish.

The results of the present study showed that the substitution of fishmeal by a biomass of *Chlorella vulgaris* meal is suitable for 10, 20 and 30% dietary fishmeal substitution for European seabass. Further investigation is needed for various species and substitution up to 30%. Also, microalgae digestibility must be investigated in order to ensure the suitability of this raw material for the aquaculture industry.

**Keywords:** European seabass, *Dicentrarchus labrax*, fishmeal substitution, microalgae, *Chlorella vulgaris*