

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Εισαγωγή νέων ειδών στην Υδατοκαλλιέργεια: η περίπτωση του
μαγιάτικου, *Seriola dumerili*»**

Χούλης Ιωάννης

Βόλος 2019

**«Εισαγωγή νέων ειδών στην Υδατοκαλλιέργεια: η περίπτωση του
μαγιάτικου, *Seriola dumerili*»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια – Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπουσα**

2. Ελένη Γκολομάζου, Επίκουρη Καθηγήτρια – Προστασία-Ευζωία Ιχθύων, Τμήμα Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**

3. Νικόλαος Νεοφύτου, Επίκουρος Καθηγητής – Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση, να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες, στα άτομα που συνέβαλλαν, στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Αρχικά ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κα. Παναγιωτάκη Παναγιώτα για την πολύτιμη βοήθειά της, καθ' όλη την διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής κα. Γκολομάζου Ελένη και κ. Νεοφύτου Νικόλαο,. Τέλος ένα μεγάλο «ευχαριστώ» στην οικογένειά μου για την αμέριστη ηθική και υλική στήριξη, τη συμπαράσταση και την συνεχή τους ενθάρρυνση σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια έχει σημειώσει σημαντική άνοδο από το 1980 μέχρι σήμερα όπου υπάρχουν 318 μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας. Παρόλο που καταλαμβάνει σημαντική θέση στην Ευρωπαϊκή αγορά με την προσφορά της σε τσιπούρα και λαβράκι, φέρει ως σημαντικό ανταγωνιστή την Τουρκία στα συγκεκριμένα είδη. Επιπροσθέτως η ανάγκη εισαγωγής νέων ειδών στις ιχθυοκαλλιέργειες προϋπάρχει από το 1999 (Basurco & Lovatelli 2001). Ένα αξιόλογο υποψήφιο είδος αποτελεί το μαγιάτικο (*Seriola dumerili*). Το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα DIVERSIFY του οποίου τα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν το 2018 και στο οποίο συμμετείχαν 10 ευρωπαϊκές χώρες, 2 κράτη-μέλη και ένας αξιοσημείωτος αριθμός Πανεπιστημίων και Ερευνητικών Κέντρων, έχοντας ως στόχο την διερεύνηση ποικιλίας ειδών ψαριών ως υποψήφια είδη ιχθυοκαλλιέργειας, αποτέλεσε την καλύτερη ευκαιρία, ούτως ώστε να διερευνηθούν οι κατάλληλες συνθήκες εκτροφής του. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν αφορούσαν την αναπαραγωγή του είδους, καθώς και τα πρωτόκολλα εκτροφής και σίτισης του μαγιάτικου σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του. Επιπλέον ένα σημαντικό μέρος του ερευνητικού έργου DIVERSIFY εστίασε στη διαχείριση υγείας του υποψήφιου προς εκτροφή είδους και στους παθογόνους μικροοργανισμούς με στόχο την ομαλή λειτουργία της εκάστοτε ιχθυοκαλλιέργειας. Τέλος εκτιμήθηκε η μελλοντική αγορά και αντίληψη των καταναλωτών ως προς το μαγιάτικο. Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία αναφέρονται μεταξύ άλλων, τα αποτελέσματα των ερευνών που δημοσιεύθηκαν στα τέλη του 2018.

Λέξεις Κλειδιά: Μαγιάτικο, Ιχθυοκαλλιέργεια, DIVERSIFY

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Υφιστάμενη κατάσταση των ιχθυοκαλλιεργειών στην Ελλάδα	1
1.2 Το μαγιάτικο, <i>Seriola dumerili</i>	5
1.3 Μορφολογία.....	6
1.4 Βιολογία – Ενδιαίτημα.....	7
1.5 Αναπαραγωγή	8
1.6 Διατροφή.....	8
1.7 Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα.....	9
2. ΔΙΑΤΡΟΦΗ	12
2.1 Διατροφή στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του μαγιάτικου	12
2.1.1.Βέλτιστη ποσότητα δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA) σε προϊόντα εμπλουτισμού ζωντανής τροφής για το μαγιάτικο.....	13
2.1.2. Βέλτιστη ποσότητα εικοσαπεντανοϊκού οξέος (EPA) σε προϊόντα εμπλουτισμού ως ζωντανή τροφή για το μαγιάτικο	14
2.1.3. Η συνδυασμένη επίδραση των λιπιδίων πλούσιων σε PUFA και των καροτενοϊδών στα προϊόντα εμπλουτισμού ζωντανής τροφής που προορίζεται για το μαγιάτικο.....	16
2.2 Επίδραση της λυσίνης στην ανάπτυξη των ψαριών.....	18
2.2.1 Υλικά και Μέθοδοι	18
2.2.2 Αποτελέσματα.....	18

2.3 Διατροφικά πρωτόκολλα για την βελτιστοποίηση της αναπαραγωγής των γεννητόρων.....	19
2.3.1 Η επίδραση αυξημένων επιπέδων πρωτεϊνών, ιστιδίνης και ταυρίνης στην ποιότητα των αυγών.....	19
2.3.2 Βέλτιστα επίπεδα DHA και EPA ως απαραίτητα λιπαρά οξέα για την αναπαραγωγική επιτυχία.....	21
2.3.3 Πειραματικές τροφές με βελτιστοποιημένα επίπεδα απαραίτητων λιπαρών οξέων.....	22
3. ΕΚΤΡΟΦΗ	24
3.1 Εκτροφή των ιχθυδίων	24
3.1.1 Οντογένεση συστημάτων πέψης και όρασης.....	25
3.1.2 Επίδραση των πρωτοκόλλων διατροφής και των προβιοτικών	29
3.1.3 Η επίδραση της πυκνότητας εκτροφής στην απόδοση των προνυμφών	32
3.1.4 Επίδραση την πυκνότητας εκτροφής και του τύπου των δεξαμενών στην απόδοση των προνυμφών	34
3.1.5 Η επίδραση του φωτός (ένταση και διάρκεια) και του χρώματος φόντου στην απόδοση των προνυμφών	35
3.1.6 Διαμόρφωση βιομηχανικού πρωτοκόλλου	39
3.2 Πάχυνση.....	43
3.2.1 Διαμόρφωση της μεθόδου εκτροφής στους κλωβούς.....	43
3.2.2 Καθορισμός μεθόδων χορήγησης τροφής.....	48

3.3.3 Ανάπτυξη κατάλληλων συνθηκών - μεθόδων εκτροφής	54
4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΕΙΑΣ.....	61
4.1 Επιθηλιοκύστη	61
4.2 Δονακίωση	62
4.3 <i>Zeuxapta seriolae</i>	63
4.4 <i>Neobenedenia girellae</i>	65
4.5 Τρόποι – Μέθοδοι πρόληψης ασθενειών	65
5. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΓΕΝΕΤΙΚΗ.....	67
5.1 Ανάπτυξη ενός βελτιστοποιημένου πρωτοκόλλου πρόκλησης ωοτοκίας σε άτομα μαγιάτικου σε συνθήκες αιχμαλωσίας στη Μεσόγειο	67
5.1.1 Υλικά και Μέθοδοι	67
5.1.2 Αποτελέσματα.....	68
5.2 Διαμόρφωση ενός βέλτιστου πρωτοκόλλου πρόκλησης ωοτοκίας μαγιάτικου σε συνθήκες αιχμαλωσίας στον Ανατολικό Ατλαντικό	69
5.2.1 Υλικά και Μέθοδοι	69
5.2.2 Αποτελέσματα.....	69
5.3 Η ανάπτυξη ενός βελτιστοποιημένου πρωτοκόλλου πρόκλησης ωοτοκίας για μαγιάτικα γενιάς F1 στον ανατολικό Ατλαντικό.....	70
5.3.1 Υλικά και Μέθοδοι	70
5.3.2 Αποτελέσματα.....	71

6. ΑΓΟΡΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΓΙΑΤΙΚΟ

..... 72

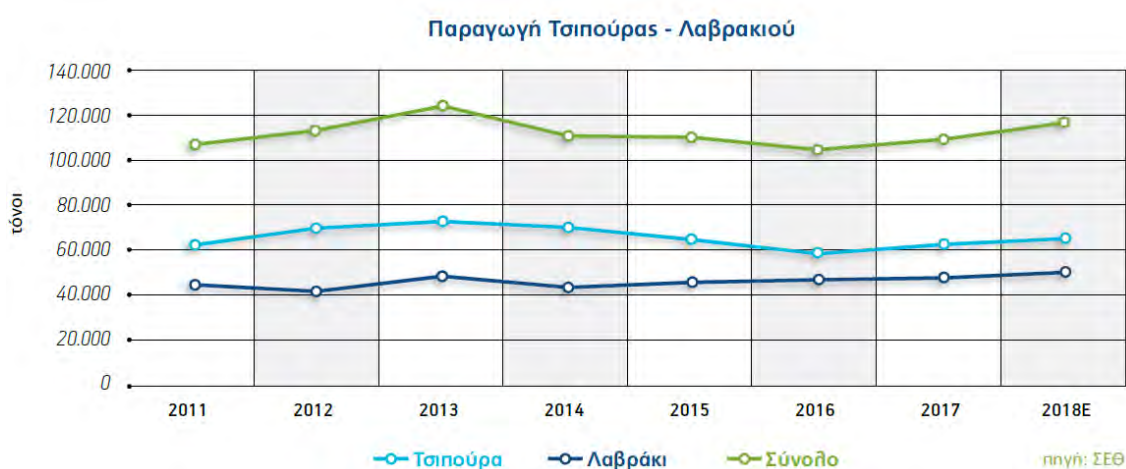
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 74

8. ABSTRACT..... 78

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υφιστάμενη κατάσταση των ιχθυοκαλλιεργειών στην Ελλάδα

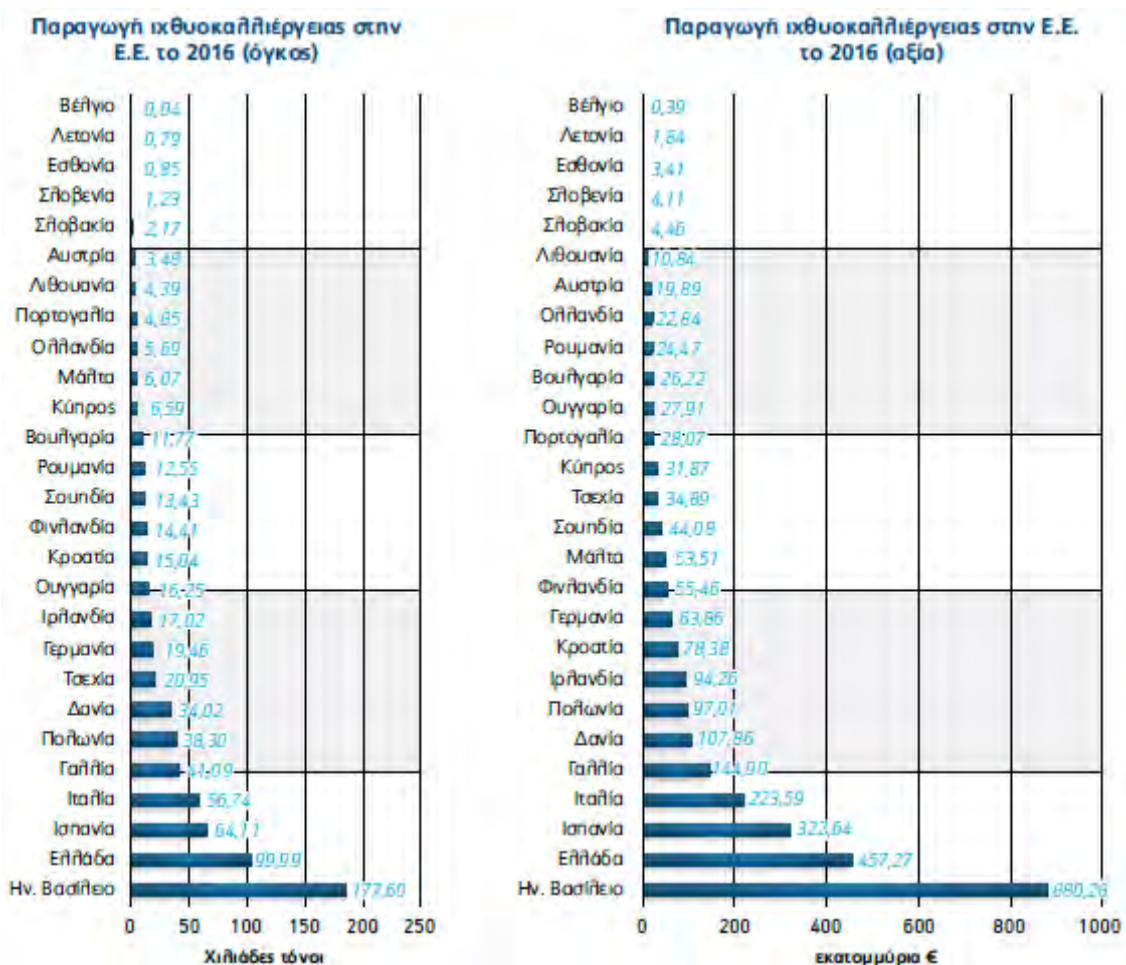
Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Συνδέσμου Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ), ο όγκος παραγωγής του 2017 της Ελλάδας σε τσιπούρα και λαβράκι ανήλθε στους 112,000 τόνους (64,000 και 48,000 τόνους αντίστοιχα) με χρηματική αξία 546 εκ. ευρώ (Σχ. 1).



Σχήμα 1 Εξέλιξη της Ελληνικής παραγωγής τσιπούρας και λαβρακιού (Πηγή: ΣΕΘ).

Η απόδοση των ελληνικών ιχθυοκαλλιεργειών παρουσίασε σε σχέση με το 2016, αύξηση κατά 6.6% ως προς τον όγκο και 0.5% ως προς την χρηματική τους αξία. Υπήρξε δηλαδή σημαντική ανάπτυξη από το 1980, όπου η ιχθυοκαλλιέργεια παρείχε μόνο το 2% της εγχώριας παραγωγής αλιευτικών προϊόντων (12 μονάδες υδατοκαλλιέργειας), φτάνοντας στο σήμερα με συμμετοχή 62% (318 μονάδες υδατοκαλλιέργειας) και η αλιεία με συμμετοχή 38%. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο της ιχθυοκαλλιέργειας η Ελλάδα το 2016 απέκτησε την 2^η θέση τόσο στον όγκο παραγωγής όσο και στην χρηματική αξία,

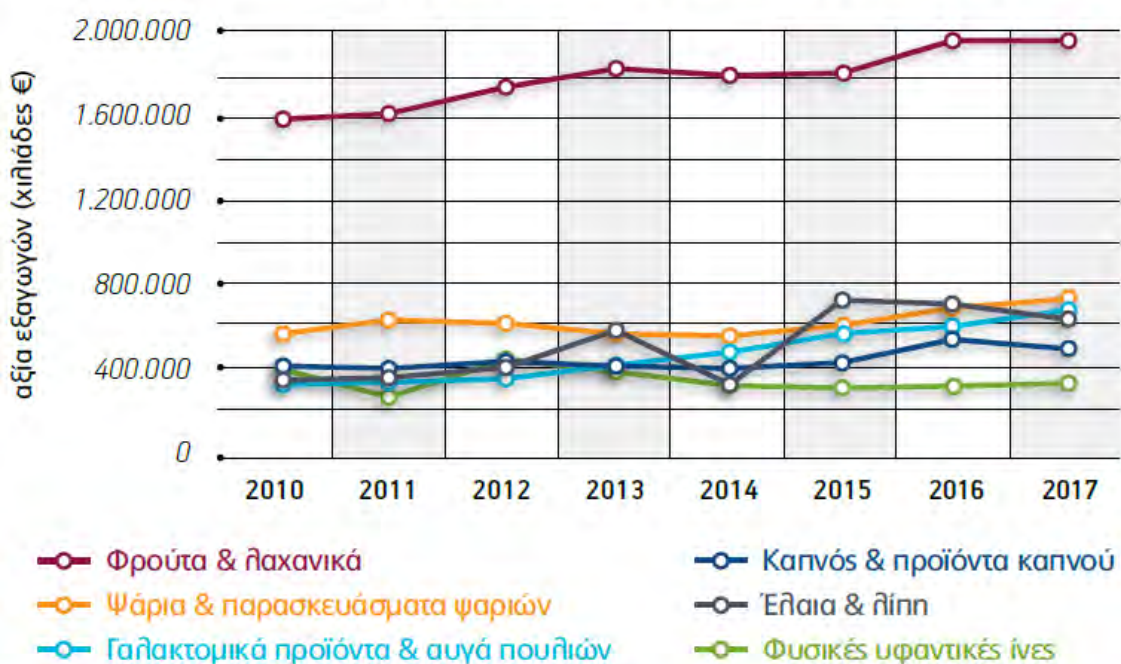
μεταξύ των συμμετεχόντων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε), ακολουθώντας το Ηνωμένο Βασίλειο (177.604 τόνους αξίας 880,3 εκ. ευρώ) (Σχ. 2).



Σχήμα 2 Συνολική παραγωγή ιχθυοκαλλιεργειών εντός της Ε.Ε. για το 2016 σε όγκο και αξία (Πηγή: FAO, ΣΕΘ).

Με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), οι εξαγωγές των αλιευτικών προϊόντων πρόσφεραν 653,5 εκ. ευρώ, εκ των οποίων το 82% άνηκε σε ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας, αντιπροσωπεύοντας το 11.4% των εξαγωγών αγροτικών προϊόντων (Σχ. 3). Έτσι η συμβολή της κατηγορίας αυτής στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) ήταν 221.6 εκ. ευρώ παίρνοντας την 3^η πιο σημαντική θέση στην συμμετοχή του ΑΕΠ, ακολουθώντας τα φρούτα (1^η θέση) και το λάδι (2^η θέση).

Κατάταξη εξαγωγικών κλάδων αγροτικών προϊόντων

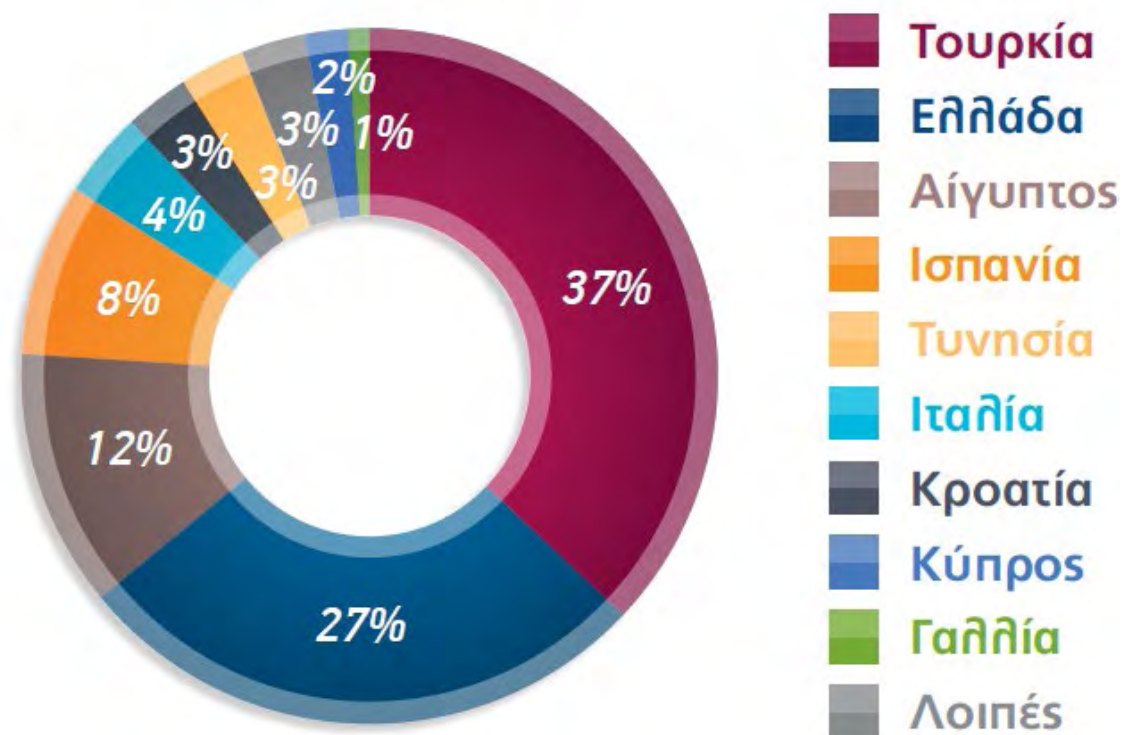


Σχήμα 3 Εξέλιξη των Ελληνικών εξαγωγών (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, ΣΕΘ).

Για την ελληνική αγορά ο σημαντικότερος ανταγωνιστής είναι η Τουρκία, η οποία με τις κρατικές επιχορηγήσεις που προσφέρει στους ιχθυοκαλλιεργητές, εξασφαλίζει τόσο υψηλή παραγωγή όσο και ανταγωνιστικότερες τιμές πώλησης τσιπούρας και λαβρακιού. Συγκεκριμένα για το έτος 2017 όπου η παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού έφθασε τους 416,724 τόνους (Σχ. 4), το ποσοστό συμμετοχής της Ελλάδος ήταν ίσο με 27% (112,000 τόνους) και της Τουρκίας με 37% (156,000 τόνους). Η ανάγκη εισαγωγής νέων ειδών προϋπάρχει τουλάχιστον από το 1999 (Basurco & Lovatelli 2001), αλλά σε

συνδυασμό με τα παραπάνω δεδομένα, κρίνεται επιτακτική πλέον η ανάγκη ένταξης νέων ειδών ψαριών στις ιχθυοκαλλιέργειες τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ε.Ε. γενικότερα.

Παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού 2017



πηγή: FAO, FEAP, ΣΕΘ

Σχήμα 4 Ποσοστά συμμετοχής χωρών στην παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού για το έτος 2017. Τουρκία (156.000 τόνοι), την Ελλάδα (112.000 τόνοι), την Ισπανία (34.9000τόνοι), την Αίγυπτο (50.498) και την Ιταλία (14.600 τόνοι) και το υπόλοιπο 11.7% προήλθε από χώρες της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου και της Μ. Ανατολής που δεν ξεπερνάει τους 14,000 τόνους ετησίως (Πηγή: FAO, FEAP, ΣΕΘ).

1.2 Το μαγιάτικο, *Seriola dumerili*



Εικόνα 1 *Seriola dumerili* (Πηγή: Patzner, R Fishbase.de).

Το μαγιάτικο, *Seriola dumerili* (Risso, 1810), αποτελεί ένα θαλάσσιο πελαγικό είδος ψαριού της Οικογένειας Carangidae του γένους *Seriola*.

Βασίλειο : *Animalia*

Φύλο : *Chordota*

Ομοταξία : *Actinopterygii*

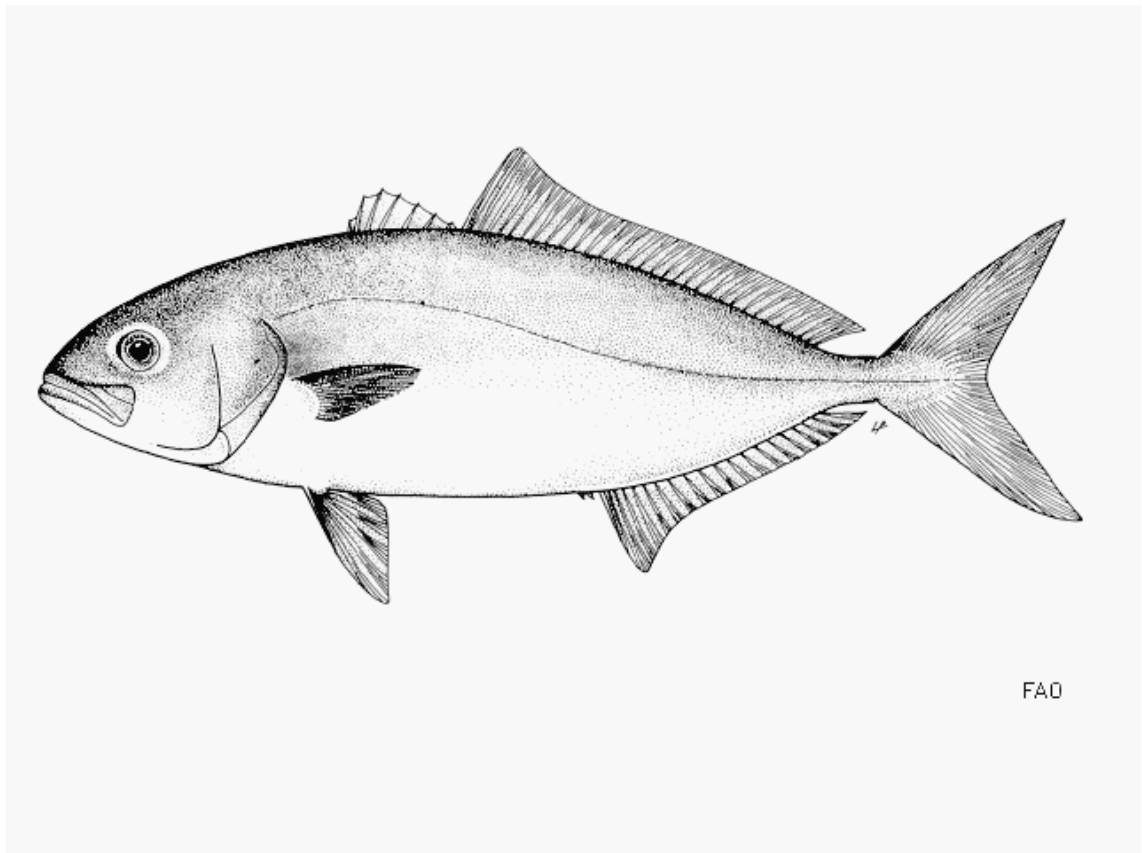
Τάξη : *Perciformes*

Οικογένεια : *Carangidae*

Γένος : *Seriola*

Είδος : *Seriola dumerili*

1.3 Μορφολογία



Εικόνα 2 *S. dumerili* (Πηγή: FAO).

Το σώμα του μαγιάτικου χαρακτηρίζεται ως τορπιλοειδές, το κεφάλι του παρουσιάζει έντονη καμπυλότητα, ενώ η άνω γνάθος είναι πιο φαρδιά από την κάτω γνάθο. Στα ραχιαία πτερύγια παρουσιάζει 7 σκληρές ακτίνες στο πρώτο πτερύγιο και 1 σκληρή ακτίνα με επιπλέον μαλακές ακτίνες στο δεύτερο (29 – 35 μαλακές ακτίνες). Το ουραίο του πτερύγιο είναι εγκολπωμένο, επιτρέποντάς το να αναπτύσσει μεγάλες ταχύτητες. Τα νεαρά άτομα έχουν πράσινο – κίτρινη απόχρωση, ενώ τα ενήλικα άτομα έχουν μπλε – γκρι ή λαδί απόχρωση κοντά στην ράχη τους, με τις πλευρές και την κοιλιακή χώρα να είναι αργυρόλευκες. Επιπλέον χρωματικά χαρακτηριστικά αποτελούν η πλευρική γραμμή του είδους με κίτρινη ή καφέ – ροζ απόχρωση, καθώς και η σκούρα απόχρωση των μεμβρανών των ακτινών τους. Το μήκος του ποικίλει, ανάμεσα σε 32.0-

160.0 cm (Kozul et al. 2001), με συνηθισμένο τα 100 cm (Smith & Heemstra 1986) και μέγιστο μήκος, που έχει καταγραφεί, να είναι τα 190 cm (Bauchot 1987). Η μετάβαση του μαγιάτικου από ιχθύδιο σε νεαρό άτομο προκαλεί σημαντική αλλαγή στην μορφολογία, επιμηκύνοντας και συμπιέζοντας το σώμα του. Το μαγιάτικο έχει γρήγορη ανάπτυξη φτάνοντας τα 6 kg σε, μόλις, 2,5 χρόνια σε ιχθυοκαλλιέργεια, ενώ στην φύση το εύρος του είναι 0,5 - 46,5 kg, με το μέγιστο βάρος, που έχει καταγραφεί, να φτάνει τα 80,6 kg (Smith-Vaniz 1984).

1.4 Βιολογία – Ενδιαίτημα

Το μαγιάτικο κατανέμεται σε ευρεία γεωγραφική κλίμακα διότι συναντάται σε τροπικό, υποτροπικό, εύκρατο και Μεσογειακό κλίμα (16.9 – 29°C, μέση τιμή 27.1°C). Μπορεί να βρεθεί σε όλες τις θάλασσες και τις ηπείρους εκτός από τον δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό (π.χ. Ατλαντικό, Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό, Μεσόγειος). Είναι ένα επιβενθικό και πελαγικό είδος το οποίο μπορεί να βρεθεί σε βάθη 1 – 360 m (Randall 1995) με συνηθισμένο εύρος το 17 – 82 m (Cervigón 1993). Η μέγιστη ηλικία του αναφέρεται πως είναι τα 15 χρόνια (Murie & Parkyn 2008), με έως και 17 χρόνια (Manooch και Potts 1997, Harris et al. 2007). Μπορεί να βρεθεί κοντά σε υφάλους, σε βραχώδεις εκτάσεις ή και στην ανοικτή θάλασσα. Τα νεαρά ιχθύδια μπορούν να βρεθούν σε βάθη κάτω των 10 m, σε επιπλέοντα αντικείμενα (ναυάγια, φύκια) σχηματίζοντας κοπάδια, ενώ τα μεγαλύτερα σε ηλικία μαγιάτικα σχηματίζουν μικρότερες ομάδες παρουσιάζοντας μοναχική κοινωνική συμπεριφορά (Smith-Vaniz et al. 2015).

1.5 Αναπαραγωγή

Το είδος είναι γονοχωριστικό χωρίς να υπάρχει σεξουαλικός διμορφισμός κατά την διάρκεια της ζωής του, με τον σεξουαλικό διαχωρισμό να πραγματοποιείται στα 24 – 26 cm ή 4 – 5 μήνες ύστερα από εκκόλαψη (Herrera & Vassallo Agius 2016). Η αναπαραγωγική του περίοδος είναι διαφορετική για την κάθε περιοχή, στην οποία συναντάται. Συγκεκριμένα για την Μεσόγειο ξεκινά κοντά στους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιος) και το είδος μεταναστεύει σε περιοχές κοντά στις ακτές, όπου και παραμένει μέχρι περίπου και τον Σεπτέμβριο. Το μαγιάτικο πραγματοποιεί πολλαπλή ωοτοκία φτάνοντας σε αριθμό τα 4 – 9 εκατομμύρια αυγά ανά αναπαραγωγική περίοδο (Μεσόγειος) με την διάμετρο του αυγού να φτάνει τα 1.9 mm. Εφόσον εκκολαφθούν τα αυγά ύστερα από 40 h στους 23°C και το προνυμφικό στάδιο (31 – 36 ημέρες), θα φθάσουν σε ωρίμανση όταν θα αναπτύξουν μήκος 80 – 127 cm και 61 – 127 cm για τα θηλυκά και τα αρσενικά αντίστοιχα (3 – 5 χρόνια για θηλυκά και 2 – 5 χρόνια για αρσενικά) (Marino et al. 1995).

1.6 Διατροφή

Αν και σαρκοφάγο η διατροφή ενός ατόμου μαγιάτικου επηρεάζεται άμεσα από το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται (Εικ.3). Τα



Εικόνα 3 Νεαρό άτομο *S. dumerili* (Πηγή: O'Donnell, P. Fishbase.de).

ιχθύδια με μήκος έως και 12 cm τρέφονται κυρίως με πλαγκτονικούς οργανισμούς, με μια μετάβαση να λαμβάνει χώρα στα 8 – 12 cm υιοθετώντας και νηκτικούς και βενθικούς

οργανισμούς και βασίζοντας σε αυτούς την διατροφή τους μόλις ξεπεράσουν τα 12 cm μήκος. Αφότου φθάσει τα 18.5 – 20 cm μήκος, το μαγιάτικο τρέφεται αποκλειστικά με άλλου είδους ψάρια και σε μικρό ποσοστό με κεφαλόποδα. Αυτή η μεταβολή στην διατροφή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι τα μεγαλύτερα άτομα μαγιάτικου πλησιάζουν τις ακτές σε μια προσπάθεια θήρευσης μικρών πελαγικών ψαριών. Παραδείγματα αυτών αποτελούν τα : *Boops boops* (γόπα), *Engraulis encrasicolus* (γαύρος), *Sardina pilchardus* (σαρδέλα), *Sardinella aurita* (φρίσσα), *Merluccius merluccius* (μπακαλιάρος), *Trachurus trachurus* (γκριζοσάφριδο) , *Scomber scombrus* (σκουμπρί), *Loligo vulgaris* (καλαμάρι), και *Sepia officinalis* (σουπιά) (Andaloro και Pipitone 1997) (Εικ.4).



Εικόνα 4 *S. pilchardus* και *E. encrasicolus* (Πηγή: Maresmar).

1.7 Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα

Το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα DIVERSIFY, το οποίο διήρκησε 5 χρόνια (2013-2018), διερεύνησε μια ποικιλία σε είδη ψαριών ως υποψήφια για ιχθυοκαλλιέργεια. Στο DIVERSIFY συμμετείχαν: 20 Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Κέντρα, 9 μικρο-μεσαίες επιχειρήσεις, 3 μεγάλες επιχειρήσεις, 6 Επαγγελματικές

Ενώσεις, 10 Ευρωπαϊκές χώρες και 2 επιπλέον κράτη-μέλη (Ισραήλ & Νορβηγία). Το μαγιάτικο, του οποίου τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στις 18 Σεπτεμβρίου 2018, αποτελεί ένα υποσχόμενο είδος για την ανάδειξη του τομέα στη Ευρώπη, αφού παρουσιάζει ρυθμούς ανάπτυξης έως και 10 φορές μεγαλύτερους από αυτούς του λαβρακίου *Dicentrarchus labrax*. Σε μία προσπάθεια του Ευρωπαϊκού προγράμματος DIVERSIFY, στο πλαίσιο εύρεσης νέων ειδών ψαριών ικανά για ιχθυοκαλλιέργεια, το είδος *S. dumerili* αποτελεί ένα υποσχόμενο είδος για την ανάδειξη του τομέα στη Ευρώπη. Η μεταφορά του μαγιάτικου στις ιχθυοκαλλιέργειες δεν αποτελεί νέο εγχείρημα, αφού η εκτροφή του είχε ξεκινήσει από το 1978 στην Ιαπωνία ως ένα από το πιο σημαντικά οικονομικά είδη (Miwa et al. 2011; Matsunari et al. 2013). Αρχικά γινόταν χρήση φρέσκων ψαριών ως τροφή, αλλά δεν άργησε να γίνει η αλλαγή σε επεξεργασμένη τροφή (Jover et al. 1999; García-Gómez 2000). Χαρακτηριστικά του μαγιάτικου όπως υψηλή ζήτηση και τιμή αγοράς, γρήγορη ανάπτυξη, υψηλής ποιότητας φιλέτο και η ικανότητα να δέχεται επεξεργασμένη τροφή, οδήγησε στην ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών τα τελευταία χρόνια. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιασθούν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση, στην οποία βρίσκεται αυτή την στιγμή η έρευνα για την εκτροφή του μαγιάτικου με βάση κυρίως τα αποτελέσματα του DIVERSIFY, που παρουσιάστηκαν στα τέλη του 2018 (DIVERSIFY 2018).

Η απουσία ελέγχου αναπαραγωγής και παραγωγή ενός ικανοποιητικού αριθμού ιχθυδίων αποτέλεσαν τα πιο σημαντικά εμπόδια στην ένταξη του μαγιάτικου ως είδος ιχθυοκαλλιέργειας. Η αναπαραγωγή ατόμων μαγιάτικου σε αιχμαλωσία, αποδείχτηκε προβληματική (Kozul et al. 2001). Ωστόσο γεννήτορες που είχαν μεγαλώσει σε αιχμαλωσία, κατάφεραν να αναπαραχθούν ύστερα από ορμονική θεραπευτική αγωγή (Mylonas et al. 2004), με μερικές περιπτώσεις όπου η αναπαραγωγή πραγματοποιήθηκε

αυθόρμητα χωρίς χρονικές καθυστερήσεις (Jerez et al. 2006). Έχοντας βασικές πληροφορίες ως προς τις ποιοτικές και ποσοτικές διατροφικές απαιτήσεις του είδους, οι ερευνητές του DIVERSIFY υλοποίησαν πειράματα τόσο σε άγρια άτομα όσο και σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Σύμφωνα με τους Shiozawa et al (2003) οι πληροφορίες που θα εξασφαλίσουν την εμπορευματοποίηση του είδους είναι ελλιπείς, παρόλο που είναι γνωστές κάποιες απαιτήσεις του μαγιάτικου ως προς την τροφή του και την ικανότητά του να μπορεί να δεχθεί τροχόζωα (rotifers) και σύμπηκτα (πελλέτες). Προκαταρκτικές δοκιμές έδειξαν ότι σε ημι-εντατικές εκτροφές, όπου η πυκνότητα εκτροφής ήταν 0,25 αυγά/L, έδειξε κάποια θετικά αποτελέσματα, έχοντας ως σημαντικό μειονέκτημα το χαμηλό ποσοστό επιβίωσης που ήταν περίπου στο 3.5% (Papandroulakis et al. 2005). Κύριος στόχος της μελέτης ήταν να ερευνηθούν οι διάφορες παράμετροι που μπορεί να επηρεάζουν την εκτροφή της λάρβας του μαγιάτικου οι οποίες μπορεί να είναι:

- Ο τύπος-σχήμα της δεξαμενής
- Η διάρκεια της φωτόφασης
- Το χρώμα φόντου της δεξαμενής και οι συνθήκες φωτισμού
- Πυκνότητα εκτροφής
- Πρωτόκολλα σίτισης

Ενώ για οι διατροφικές απαιτήσεις του μαγιάτικου μελετήθηκαν με βάση:

- Τον ρυθμό ανάπτυξης
- Το ποσοστό επιβίωσης
- Τις σκελετικές δυσμορφίες
- Την βιοχημική σύνθεση των ιχθυδίων και

- Την κατάσταση του στρες στις λάρβες

Άλλος ένας τομέας που έπρεπε να ερευνηθεί ήταν η υγεία του ψαριού. Επειδή η εκτροφή του μαγιάτικου στην Ευρώπη είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια, δεν έχουν υπάρξει αναφορές που να παρατηρήθηκαν περιπτώσεις υψηλής θνησιμότητας λόγω βακτηριακής μόλυνσης. Πιθανοί βακτηριακοί κίνδυνοι αποτελούν η επιθηλιοκύστη και η φωτοβακτηρίωση, ενώ επιπλέον παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν ελεγχθεί σε εργαστηριακές συνθήκες για το κατά πόσο απειλούν το μαγιάτικο. Όσον αφορά τους παρασιτικούς οργανισμούς, μονογενή παράσιτα όπως το *Neobenedenia sp.* και το *Zeuxapta seriola* έχουν συνδεθεί με μαζικές θνησιμότητες σε εκτρεφόμενα ψάρια (Grau et al. 1996), ενώ παράλληλα το *Neobenedenia sp.* επηρέασε τόσο τα ιχθύδια όσο και τον πληθυσμό των γεννητόρων. Για αυτό το λόγο οι επιστήμονες που συμμετείχαν στο DIVERSIFY, καθ' όλη την διάρκεια του προγράμματος ερεύνησαν όσες ασθένειες παρουσιάστηκαν, ούτως ώστε να μπορέσουν να δημιουργηθούν διαγνωστικά εργαλεία, μέτρα και πρωτόκολλα πρόληψης, αλλά και λύσεις στα προβλήματα υγείας που πιθανότατα να παρουσιαστούν, καθιστώντας έτσι ομαλή την εκτροφή των ιχθύων.

2. ΔΙΑΤΡΟΦΗ

2.1 Διατροφή στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του μαγιάτικου

Ο γενικός στόχος του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι να καθοριστούν όσο πιο αξιόπιστα γίνεται, οι διατροφικές απαιτήσεις και οι βέλτιστες απαιτήσεις σε δοκοσαεξαενοϊκό οξύ (DHA), εικοσαπεντανοϊκό οξύ (EPA) και σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA)-καροτενοϊδή που περιλαμβάνονται σε τροφές εμπλουτισμού του μαγιάτικου κατά την διάρκεια χρήσης των rotifers και της Artemia. Οι παράμετροι που

εξετάστηκαν αφορούσαν την επιβίωση, αύξηση, ευημερία, επίπεδα καταπόνησης (stress), καθώς και την ανάπτυξη οστών και σύνθεση του ιστού.

2.1.1. Βέλτιστη ποσότητα δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA) σε προϊόντα εμπλουτισμού ζωντανής τροφής για το μαγιάτικο.

2.1.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος DIVERSIFY λάρβες μαγιάτικων (μέσο ολικό μήκος 6.39 ± 0.44 mm, μέσο καθαρό βάρος 2.94 ± 0.57 mg) οι οποίες ήταν 17 ημερών μετά την εκκόλαση (17 dph) κατανεμήθηκαν με τυχαίο τρόπο σε 15 πειραματικές δεξαμενές των 200 L (1000 άτομα/δεξαμενή). Για το χρονικό διάστημα των 17 – 22 dph οι λάρβες δέχθηκαν ως ζωντανή τροφή, Artemia και rotifers με την ποσότητα της πρώτης να επικαλύπτει την ποσότητα της δεύτερης. Στην συνέχεια για το διάστημα 23 – 35 dph χορηγήθηκε εμπλουτισμένη Artemia βασισμένη σε 5 πειραματικές τροφές με διαφορετικές πηγές λιπιδίων. Οι πηγές λιπαρών οξέων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Εμπορικός μεθυλεστέρας (DHA-70, Maruha Nichiro Foods, Τόκιο, Ιαπωνία), που περιείχε 70% TFA ως DHA, 12% ως EPA και 2% ως ARA
- Έλαιο ελαϊκού οξέος (Sigma-Aldrich, Μαδρίτη, Ισπανία), περιείχε 77% TFA ως ελαϊκό οξύ
- Λεκιθίνη σόγιας (SL, Korot SL, Alcoy, Ισπανία), η οποία περιείχε 54 % TFA ως λινελαϊκό οξύ (18:2n-6, LA) και ίχνη από EPA & DHA

Επιπλέον τα γαλακτώματα που εξετάστηκαν εμπλουτίστηκαν με 3000 mg/kg βιταμίνη E και 2500 mg/kg βιταμίνη C. Όσον αφορά τις σκελετικές δυσμορφίες, πραγματοποιούνταν συλλογή 100 λαρβών/δεξαμενή για τον έλεγχο.

2.1.1.2 Αποτελέσματα

Το χαμηλότερο επίπεδο DHA παρουσιάστηκε στο πρωτόκολλο με διατροφή DHA-0 με 0.5% TFA, ενώ στις διατροφές DHA 1-4, το περιεχόμενο σε DHA αυξήθηκε από 10.5% σε 52.5% TFA.

Η μέγιστη αύξηση επιτεύχθηκε, με την συγκέντρωση DHA να είναι ανάμεσα στο 5-10% TFA, με μέγιστη τιμή το 6.5-7% DHA στην Artemia. Η επιβίωση της λάρβας είχε άμεση επιρροή από το DHA στις 35 dph, όπου το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης σημειώθηκε στις λάρβες που τράφηκαν με την μικρότερη σε περιεκτικότητα σε DHA στην Artemia τροφή (DHA-0).

Οι σκελετικές δυσμορφίες (λόρδωση, κύφωση, σκολίωση, σπονδυλικές και κρανιακές ανωμαλίες), ήταν σε σχετικά χαμηλά επίπεδα σε όλα τα πειραματικά γαλακτώματα. Φαίνεται λοιπόν ότι αυτή η παράμετρος δεν επηρεάζεται από τα επίπεδα DHA στην διατροφή φέροντας ως μέση τιμή σε όλες τις δοκιμές $5.01 \pm 1.09\%$.

2.1.2. Βέλτιστη ποσότητα εικοσαπεντανοϊκού οξέος (EPA) σε προϊόντα εμπλουτισμού ως ζωντανή τροφή για το μαγιάτικο

2.1.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Με την χρήση του ίδιου πρωτοκόλλου που εφάρμοσαν προηγουμένως οι ερευνητές, εξετάστηκαν 5 πειραματικά γαλακτώματα τα οποία διέφεραν στην σύσταση του EPA (0-60%). Οι πηγές λιπαρού οξέος που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Εμπορικό έλαιο τριγλυκεριδίων (Incromega EPA 500 TG, Croda, Βαρκελώνη, Ισπανία), περιέχοντας 63% TFA ως EPA, 8% ως DHA και 3% ως ARA

- Έλαιο ελαϊκού οξέος (Sigma-Aldrich, Μαδρίτη, Ισπανία), που περιλάμβανε 77% TFA ως ελαϊκό οξύ
- Λεκιθίνη σόγιας (Korot SL, Alcoy, Ισπανία), που περιείχε 54% TFA ως λινελαϊκό οξύ

Για την αποφυγή οξειδωσης λόγω υψηλών επιπέδων DHA, προστέθηκαν στα γαλακτώματα 3000 mg/kg βιταμίνη E και 2500 mg/kg βιταμίνη C.

2.1.2.2 Αποτελέσματα

Η σύσταση EPA στην Artemia είχε άμεση σχέση με την σύσταση EPA που περιείχαν τα γαλακτώματα κυμαίνονταν από 1.08 έως 22.9 %. Επιπλέον, άλλα είδη λιπαρών οξέων όπως DHA (0.14-3.01% TFA), ARA (0.39-1.72% TFA) και n-3 υψηλά ακόρεστα λιπαρά οξέα (HUFA, 3.24-29.07%) είχαν υψηλή συσχέτιση με τα αντίστοιχα λιπαρά οξέα στα γαλακτώματα.

Τα EPA επίπεδα είχαν άμεση επίδραση στην αύξηση των λαρβών καθ' όλη την διάρκεια της συγκεκριμένης δοκιμασίας. Η μέγιστη αύξηση επιτεύχθηκε με τα επίπεδα EPA να βρίσκονται σε εύρος 8-16 % TFA με το μέγιστη σύσταση σε DHA στην Artemia να είναι περίπου στα 13-14 % DHA, όταν παρέχονται χαμηλά επίπεδα DHA (0.8-2.2 % TFA). Ταυτόχρονα από τα επίπεδα EPA επηρεάζεται σημαντικά ($P \leq 0.05$) και η λαρβική επιβίωση στις 35 dph, με το με το χαμηλότερο ποσοστό να έχει σημειωθεί στην EPA-0.

Οι επιπτώσεις των σκελετικών δυσμορφιών όπως λόρδωση, κύφωση, σκολίωση, σκελετικές & κρανιακές ανωμαλίες βρέθηκαν να είναι σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις περιπτώσεις με διαφορετικό επίπεδο EPA.

2.1.3. Η συνδυασμένη επίδραση των λιπιδίων πλούσιων σε PUFA και των καροτενοϊδών στα προϊόντα εμπλουτισμού ζωντανής τροφής που προορίζεται για το μαγιάτικο

2.1.3.1 Υλικά και Μέθοδοι

Παρόμοια με τους δυο προηγούμενους πειραματικούς σχεδιασμούς δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά γαλακτώματα, εξετάζοντας την επίδραση τους στις γονάδες και στην ποιότητα των αυγών των ατόμων μαγιάτικου, όσον αφορά την σύνθεση λιπιδίων, λιπαρών οξέων και καροτενοϊδών. Για την δημιουργία των γαλακτωμάτων έγινε χρήση ποικίλων πηγών λιπιδίων, των οποίων ο συνδυασμός προσφέρει υψηλά επίπεδα μακρών αλυσίδων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (LC-PUFA) και αναλογιών DHA/EPA, παρόμοια με αυτά τα οποία περιέχουν τα αυγά άγρια άτομα μαγιάτικου. Τα γαλακτώματα που δοκιμάστηκαν ήταν τα εξής:

- **E1:** Βασίστηκε σε γαλακτώμα το οποίο περιείχε θαλάσσια φυσική λεκιθίνη, που με την σειρά της πρόσφερε έως και 60% φωσφολιπίδια με αναλογία DHA/EPA = 2.5.

- **E3:** Μείγμα που περιείχε ποικιλία τριγλυκεριδίων από βιομηχανικές πηγές, έλαιο από συκώτι μπακαλιάρου και λεκιθίνη σόγιας

- **E2:** Βασίστηκε στα προηγούμενα γαλακτώματα, ως ένα μείγμα και των τριών πηγών λιπιδίων.

Πραγματοποιήθηκε μια επιπρόσθετη συμπλήρωση και των 3 γαλακτωμάτων με αραχιδονικό οξύ και γαλακτωματοποίηση με κρόκο αυγού, ενώ εμπορικό ενισχυτικό πλούσιο σε TAG, χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (C).

Κατά την διάρκεια των δοκιμών προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι rotifers εάν εμπλουτίζονται για μικρές περιόδους (3-6 ώρες) με αραχιδονικό οξύ και σε συνδυασμό

με ένα εύρος καρροτενοϊδών κάτω των 50 ppm, συμβάλλει στην απόδοση των προνυμφών στα αρχικά στάδια ζωής.

Πρόσφατα εκκολαφθέντα ιχθύδια μαγιάτικου με ολική πυκνότητα 5000 άτομα/δεξαμενή (μέσος όρος ολικού μήκους $3,14 \pm 0.08$ mm), κατανεμήθηκαν με τυχαίο τρόπο σε 12 πειραματικές δεξαμενές των 100 L. Οι rotifers που χορηγήθηκαν από 3 έως 11 dph, ήταν ρυθμισμένοι ως 5 άτομα/ml και αυξήθηκαν σε 10 άτομα/ml ως το τέλος της δοκιμής. Οι rotifers εμπλουτίστηκαν με μία από τις 4 αγωγές που είχαν ετοιμαστεί, το συνηθισμένο εμπορικό πρωτόκολλο εμπλουτισμού (C) μαζί με ένα από τα 3 γαλακτώματα (E1, E1.10, E3.10) και προστέθηκαν με 6% ως συγκέντρωση για 3 ώρες στις δεξαμενές εμπλουτισμού. Για να υπολογιστεί ο δείκτης ευζωίας, προσδιορίστηκε το επίπεδο κορτιζόλης σε λάρβες.

2.1.3.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις 14 dph μεταξύ των αγωγών που χορηγήθηκαν. Αρχικά το ολικό μήκος των ατόμων στην ομάδα που τέθηκε σαν μάρτυρας, ήταν σημαντικά μικρότερο, ενώ το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης βρέθηκε στην διατροφή που βασιζόταν σε TAG (E3), με επιπλέον Naturose, διαφοροποιώντας την σε μεγάλο βαθμό από αυτήν που βασιζόταν σε πολικά λιπίδια (E1), με επιπλέον Naturose.

Παρατηρήθηκαν σημαντικά υψηλά επίπεδα κορτιζόλης σε προνύμφες που τράφηκαν με την E1 στις 14 dph, ενώ από την άλλη μεριά το χαμηλότερο επίπεδο κορτιζόλης βρέθηκε στις προνύμφες που τράφηκαν με την E1.10.

Συνοψίζοντας η λίστα με τα απαραίτητα λιπαρά οξέα και καρροτενοϊδή που συνιστάται να περιέχονται μέσα στα εμπλουτισμένα προϊόντα είναι η εξής :

- Για τα προϊόντα εμπλουτισμού της Artemia πρέπει:
 - Το DHA να είναι 10-17% TFA
 - Το EPA να είναι 14-20% TFA
 - Ο λόγος DHA/EPA να είναι ίσος με 1-5
- Για τα προϊόντα εμπλουτισμού των rotifers πρέπει:
 - Τα επίπεδα καροτενοϊδών να είναι 10 ppm
 - Το DHA να είναι 14% TFA
 - Το EPA να είναι 6% TFA
 - Ο λόγος DHA/EPA, ίσος με 2.3

2.2 Επίδραση της λυσίνης στην ανάπτυξη των ψαριών

2.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Για να εξεταστούν οι επιπτώσεις της λυσίνης στην αύξηση και στα αντιοξειδωτικά ένζυμα των ψαριών, πραγματοποιήθηκε πείραμα υπό την αιγίδα του DIVERSIFY, χρησιμοποιώντας 6 διαφορετικά επίπεδα λυσίνης (L1 = 0.00, L2 = 0.10, L3 = 0.21, L4 = 0.31, L5 = 0.41, L6 = 0.52).

2.2.2 Αποτελέσματα

Προσδιορίζοντας την δραστικότητα της καταλάσης (CAT) σε ήπαρ και έντερο, διερευνήθηκε η αντιοξειδωτική ικανότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ειδική δραστικότητα του CAT μειώθηκε σημαντικά στα ψάρια που τράφηκαν με την δίαιτα L3 (= 0.21), δείχνοντας έτσι έναν πιθανό προστατευτικό μηχανισμό υποκατάστασης λυσίνης στην συγκεκριμένη δόση. Επιπλέον τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με την χρήση του

επιπέδου λυσίνης L3, επιτεύχθηκε η μέγιστη αύξηση βάρους των μεγαλύτερων ατόμων μαγιάτικου, στα οποία χορηγήθηκε διατροφή που έχει ως βάση φυτικά συστατικά (45% πρωτεΐνη, 18% λιπίδια και 25% ιχθυάλευρο). Συμπερασματικά με την δεδομένη σύσταση της ιχθυοτροφής συνιστάται το επίπεδο της λυσίνης να βρίσκεται στα 2.11%.

2.3 Διατροφικά πρωτόκολλα για την βελτιστοποίηση της αναπαραγωγής των γεννητόρων

Διεξάχθηκαν 3 διαφορετικά πειράματα διατροφής, ώστε να καθοριστεί το καταλληλότερο για την αναπαραγωγική επιτυχία των γεννητόρων. Το 1^ο πείραμα σχεδιάστηκε ώστε να προσδιοριστεί η επίδραση των αυξημένων επιπέδων πρωτεϊνών, ιστιδίνης και ταυρίνης στην ποιότητα των αυγών. Το 2^ο σχεδιάστηκε για τον προσδιορισμό των βέλτιστων επιπέδων DHA και EPA ως απαραίτητα λιπαρά οξέα για την επιτυχία της αναπαραγωγής. Τέλος το 3^ο ασχολήθηκε με τις επιδράσεις μιας πειραματικής δίαιτας, της οποίας η σύσταση σε λιπίδια ήταν δυνητικά βελτιωμένη, στην αναπαραγωγική ανάπτυξη των ατόμων μαγιάτικου που παράχθηκαν στο εκκολαπτήριο.

2.3.1 Η επίδραση αυξημένων επιπέδων πρωτεϊνών, ιστιδίνης και ταυρίνης στην ποιότητα των αυγών

2.3.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Υπό το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα DIVERSIFY εξετάστηκε η επίδραση που μπορεί να έχει η ιστιδίνη, πρωτεΐνη και η ταυρίνη στην αναπαραγωγική επιτυχία των γεννητόρων *S. dumerili*. Η κατανομή των γεννητόρων (12,19 ± 1,35 kg και 11,79 ± 2,05 kg βάρους σώματος θηλυκών και ανδρικών), πραγματοποιήθηκε με τυχαίο τρόπο σε 3 δεξαμενές των 40 m³ (5 m * 2.35m) κυκλικού σχήματος (2♀ και 2♂ σε κάθε δεξαμενή με αναλογία

1:1), έτσι ώστε να επιτευχθεί μία παρόμοια τιμή βιομάζας σε κάθε δεξαμενή (1.29 kg/ m³, 1.29 kg/ m³ and 1.24 kg/ m³). Οι γεννήτορες τράφηκαν με 3 διαφορετικές τροφές, οι οποίες είχαν παραχθεί από την Skretting ARC, Νορβηγία και η κάθε μία από αυτές είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (56.1%), ιστιδίνη (0.81%) ή ταυρίνη (0.93%).

Οι γεννήτορες τρεφόντουσαν 2 φορές την ημέρα, 5 φορές την εβδομάδα (1% της βιομάζας/ημέρα). Ύστερα από 24 ημέρες από την σίτιση της συγκεκριμένης πειραματικής διατροφής, εξετάστηκε η ποιότητα αναπαραγωγής, χωριστά για κάθε ένα από τα 2 ζευγάρια, για κάθε πειραματική διατροφή, κατά την διάρκεια 10 διαδοχικών ωοτοκιών. Η ποιότητα της αναπαραγωγής προσδιορίστηκε ως εξής:

- Ποσοστό γονιμοποίησης (%)
- Βιωσιμότητα ωαρίων (%)
- Εκκόλαψη και επιβίωση των προνυμφών στις 1 και 3 dph, χρησιμοποιώντας 2 πλάκες μικροτιλοδότησης

Με αυτά τα ποσοστά υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός των γονιμοποιημένων, 24 ωρών βιώσιμων και εκκολαφθέντων αυγών, καθώς και των προνυμφών που παράχθηκαν στις 1 και 3 dph. Επιπλέον με κάθε ωοτοκία που πραγματοποιούνταν, υπολογίζονταν η γονιμότητα των θηλυκών (αυγά/θηλυκό άτομο), ο αριθμός των αυγών ανά ωοτοκία και η σχετική γονιμότητα (αυγά/κίλο θηλυκού).

2.3.1.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η τροφοδοσία των πειραματικών διατροφών επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα αναπαραγωγής. Συγκεκριμένα η χορήγηση αυξημένης ποσότητας ιστιδίνης αύξησε σε σημαντικό βαθμό τα ποσοστά

γονιμοποίησης, ποσοστά βιώσιμων αυγών αλλά και τα ποσοστά επιβίωσης και εκκόλαψης προνυμφών. Επιπλέον η αύξηση της τροφής σε περιεκτικότητα ιστιδίνης, έφερε σαν αποτέλεσμα την γονιμότητα των θηλυκών και τον μέσο αριθμό ωαρίων ανά σπέρμα να είναι τα υψηλότερα, ξεπερνώντας κατά 4-5 φορές τα αποτελέσματα με τις αντίστοιχες διατροφές πλούσιες σε ταυρίνη ή πρωτεΐνη.

Η διατροφή βασισμένη στην ιστιδίνη οδηγεί σε υψηλά ποσοστά ωοτοκίας και συνολικής παραγωγής αυγών, ενώ με την σειρά τους επιτυγχάνουν πολύ υψηλές τιμές του συνολικού αριθμού γονιμοποιημένων και βιώσιμων αυγών, αλλά και των προνυμφών που παράχθηκαν.

Συμπερασματικά η βέλτιστη συμβολή της ιστιδίνης στην αναπαραγωγική επιτυχία των γεννητόρων (βελτίωση της γονιμότητας, ποσοστών γονιμοποίησης και ποιότητας αυγών), επιτυγχάνεται με ποσοστό 1.5%. Επιπρόσθετη πληροφορία αποτελεί το γεγονός, ότι τα επίπεδα ταυρίνης μπορούν να αυξήσουν την γονιμότητα των γεννητόρων. Οι τροφές με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη άνω των 51% προκαλούν μειωμένο αριθμό παραγωγής ωαρίων και προνυμφών γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτή η περιεκτικότητα είναι αρκετή για να καλυφθούν οι ανάγκες του μαγιάτικου σε πρωτεΐνες.

2.3.2 Βέλτιστα επίπεδα DHA και EPA ως απαραίτητα λιπαρά οξέα για την αναπαραγωγική επιτυχία

2.3.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Σε συνδυασμό με το προηγούμενο πείραμα, εξετάστηκαν οι συνέπειες των αυξημένων επιπέδων DHA & EPA. Γεννήτορες είδους *S. dumerili* (12.19 ± 1.35 kg και 11.79 ± 2.05 kg σωματικού βάρους θηλυκών και αρσενικών αντίστοιχα) τοποθετήθηκαν σε 3 κυκλικές δεξαμενές 40 m^3 , με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί παρόμοια αρχική

βιομάζα σε κάθε δεξαμενή ($1.29 \text{ kg}/m^3$, $1.29 \text{ kg}/m^3$ και $1.24 \text{ kg}/m^3$). Η αναλογία φύλου ήταν 1:1 (2♀ και 2♂ σε κάθε δεξαμενή). Τόσο το πρωτόκολλο, όσο και ο στόχος του πειράματος ήταν παρόμοια με αυτά που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο «2.3.1». Οι διατροφές που δοκιμάστηκαν στην παρούσα δοκιμή, είχαν διαβαθμισμένα επίπεδα DHA+EPA, με διακύμανση από 2.8 έως 0.96% (% TFA), με περιεκτικότητα σε ακατέργαστη πρωτεΐνη έως 59% και ακατέργαστο λίπος έως 25%.

2.3.2.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα υπέδειξαν, ότι η σύνθεση των αυγών επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από την διατροφή που έλαβαν οι γεννήτορες. Η τροφή που συνέβαλλε βέλτιστα στην ποιότητα και παραγωγή της ωοτοκίας ήταν αυτή, που περιείχε 1.57 % DHA+EPA, ενώ η χαμηλότερη αποτελεσματικότητα όσον αφορά την γονιμοποίηση και την βιωσιμότητα των αυγών, παρατηρήθηκε στην διατροφή με 2.8 % DHA+EPA.

2.3.3 Πειραματικές τροφές με βελτιστοποιημένα επίπεδα απαραίτητων λιπαρών οξέων

2.3.3.1 Υλικά και Μέθοδοι

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν 50 γεννήτορες, οι οποίοι είχαν παραχθεί και αναπτυχθεί σε ιχθυοκαλλιέργεια (F2). Κατανεμήθηκαν σε 3 ομάδες, που τράφηκαν με διαφορετικές ιχθυοτροφές:

Ομάδα 1^η : Αποτέλεσε τον μάρτυρα (7♀ $7.6 \pm 1.2 \text{ Kg}$ και 12♂ $6.0 \pm 1.1 \text{ Kg}$), όπου οι γεννήτορες τράφηκαν με εμπορική πελλέτα, που προορίζεται για καλκάνι.

Ομάδα 2^η :Mackerel Group (7♀ 6.6 ± 0.9 Kg and 8♂ 5.9 ± 0.8 Kg), όπου η τροφή που χορηγήθηκε ήταν καταψυγμένο σκουμπρί (*Scomber colias*), εμπλουτισμένο με πρόμειγμα βιταμινών

Ομάδα 3^η : Πειραματική ομάδα (5♀ 6.8 ± 1.1 Kg and 10♂ 5.6 ± 0.8 Kg), στην οποία οι γεννήτορες τράφηκαν με την πειραματική συνταγή.

Η τελευταία ομάδα διαμορφώθηκε με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να έχουν χαμηλά ποσοστά λιπιδίων, αλλά να περιέχουν απαραίτητα λιπαρά οξέα (ARA, EPA, DHA), παρέχοντας την παρουσία συστατικών θαλάσσιας προέλευσης στην τροφή (π.χ. καροτενοΐδη).

Τα ψάρια διατηρήθηκαν σε 3 εξωτερικές δεξαμενές, τύπου raceway, των 500 m^3 , με συνεχή παροχή νερού (6 ανανεώσεις ημερησίως), υπό φυσική φωτοπερίοδο και θερμοκρασία ίση με αυτήν του θαλασσινού νερού ($19.8 \pm 1.1\text{ }^\circ\text{C}$), ενώ τρέφονταν με το χέρι, μία φορά την ημέρα, 3 φορές/εβδομάδα μέχρι κορεσμού. Στους μεγαλύτερους γεννήτορες πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο 2018 και υποβλήθηκαν σε χορήγηση EVAc GnRHα τους τελευταίους 2 μήνες. Συγκεκριμένα τον Ιούλιο 2 αρσενικά και 2 θηλυκά άτομα από κάθε ομάδα δέχθηκαν δόση 40-50 μg GnRHα/kg και τον Αύγουστο 3 αρσενικά και 3 θηλυκά άτομα από την 2^η και 3^η ομάδα δέχθηκαν εμφυτεύματα μεγαλύτερης δόσης (80-100 μg GnRHα/kg). Λόγω εμφάνισης παρασιτισμού στην 1^η ομάδα, σημειώθηκε υψηλή θνησιμότητα (60%), ακυρώνοντας έτσι την προκαθορισμένη χορήγηση εμφυτευμάτων GnRHα στα άτομα μαγιάτικου.

2.3.3.2 Αποτελέσματα

Κατά την περίοδο Απριλίου-Μαΐου, η πρόσληψη τροφής αυξήθηκε με μέσο σιτηρέσιο (Τροφή ανά σωματικό βάρος, %) $4.6 \pm 2.7\%$ για την 2^η ομάδα, 1.7 ± 1.1 και

1.8 ± 0.7 % για την 1^η και 3 ομάδα αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε μείωση στην μέση διάμετρο των ωοκυττάρων από τον Ιούνιο έως και τον Ιούλιο σε όλες τις ομάδες, αλλά μέγεθος των ωοκυττάρων σε ορισμένα θηλυκά άτομα της πειραματικής ομάδας (3^η) διατηρήθηκε ή/και αυξήθηκε.

Οι ποιοτικές παράμετροι του σπέρματος, όπως η κινητικότητα (%) και η διάρκεια της κινητικότητας (sec) του σπέρματος παρουσίασαν τάση μείωσης σε όλες τις χρονικές στιγμές της δειγματοληψίας, εκτός από την πειραματική ομάδα, η οποία διατηρεί παρόμοιες τιμές σε όλες τις δειγματοληψίες.

3. ΕΚΤΡΟΦΗ

3.1 Εκτροφή των ιχθυδίων

Πραγματοποιήθηκαν μελέτες, προκειμένου να ληφθούν πληροφορίες, σχετικά με τις παραμέτρους εκτροφής των προνυμφών του είδους *S. dumerili*. Η έρευνα ξεκίνησε με την οντογένεση των οργάνων λήψης και πέψης της τροφής, για να αποκτηθούν οι βασικές βιολογικές πληροφορίες του είδους, επιτρέποντας τις μελέτες να επικεντρωθούν στον εμπλουτισμό της ζωντανής τροφής και στο πρωτόκολλο διατροφής, φτάνοντας έτσι στις κρίσιμες παραμέτρους (τύπος-σχήμα δεξαμενής, διάρκεια φωτοπεριόδου, χρώμα φόντου δεξαμενής, συνθήκες φωτισμού, πυκνότητα εκτροφής) της εκτροφής. Η αξιολόγηση βασίστηκε στην ανάπτυξη, την επιβίωση τις σκελετικές παραμορφώσεις την βιοχημική σύνθεση, το στρες και την κατάσταση των προνυμφών.

3.1.1 Οντογένεση συστημάτων πέψης και όρασης

3.1.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Έχοντας υπόψη πως το πεπτικό σύστημα δίνει την δυνατότητα στο ψάρι να συλλάβει και να αφομοιώσει τα θρεπτικά συστατικά της τροφής (Rønnestad et al., 2013), κρίνεται απαραίτητη η απόκτηση αξιόπιστων πληροφοριών για το σύστημα της πέψης και των οργάνων που συμπεριλαμβάνονται. Έτσι μειώνονται τα εμπόδια στην διαμόρφωση κατάλληλων πρωτοκόλλων διατροφής, ούτως ώστε να οι προνύμφες να παρουσιάζουν υψηλές τιμές σε ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά. Για περιγραφή της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος του *S. dumerili*, οι προνύμφες τοποθετήθηκαν σε 2 διαφορετικά συστήματα εκτροφής, τον μεσόκοσμο (MES) και την εντατική (INT) εκτροφή και οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του ΕΛΚΕΘΕ Κρήτης. Τα αυγά των γεννητόρων που παράχθηκαν κατά την ωοτοκία (ορμονική χορήγηση), φυλάσσονταν σε ένα κλουβί εκτροφής (ΑΡΓΩ).

Τα χαρακτηριστικά του μεσόκοσμου (MES) ήταν:

- Χρήση εσωτερικής δεξαμενής χωρητικότητας $40 m^3$.
- Παροχή φιλτραρισμένου ($5\mu m$) θαλασσινού νερού, αλατότητας $S = 40$ psu, συνδυασμένο με την χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας για την πολλαπλή χρήση του
- Θερμοκρασία νερού $T = 24 \pm 0,7$ ° C
- pH = 7.99 – 8.18
- Διαλυμένο οξυγόνο (DO) = 5.8 – 6.8 mg/L
- Φωτοπερίοδος

ο Υπήρξε σταθερός φωτισμός από το άνοιγμα του στόματος μέχρι και τις

25 dph

Όστερα ορίστηκε ως 18 L : 06 D

- Ένταση φωτός ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες
 - ο Παρουσία σύννεφων, 500 lux
 - ο Ηλιόλουστη ημέρα, 1000 lux
 - ο Νύχτα, 250 lux

Τα χαρακτηριστικά της εντατικής εκτροφής (INT) ήταν:

- Κλειστό σύστημα ανακύκλωσης νερού με 500 L κυλινδρικές-κωνικές δεξαμενές κλειστού

- Νερό γεώτρησης (35 psu)
- Θερμοκρασία νερού (T)
 - ο Αυτοτροφικό στάδιο, $T = 22 \pm 0,5 \text{ } ^\circ \text{C}$
 - ο Μετά το άνοιγμα του στόματος, $T = 24 \pm 0,5 \text{ } ^\circ \text{C}$

- pH = 8 - 8.2

- Διαλυμένο οξυγόνο (DO) = 6.8 – 7.2 mg/L

- Φωτοπερίοδος

- ο Άνοιγμα στόματος μέχρι και 25 dph, 24 L : 00 D

- ο Μετέπειτα, 18 L : 06 D

- Ένταση φωτός

- ο Ημέρα, 200-800 lux

- ο Νύχτα, περίπου 200 lux

Τροφή αποτέλεσαν τα microalgae (*Chlorella sp*) και οι εμπλουτισμένοι rotifers (*Brachionus sp*), με καθημερινή χορήγηση στις δεξαμενές για το διάστημα 3-23 dph. Στις προνύμφες προσφέρθηκαν Artemia AF A0 (12-14 dph) και η εμπλουτισμένη Artemia EG

A1 nauplii (14-30 dph). Η προσθήκη τεχνητής τροφής ξεκίνησε σταδιακά από τις 16 dph για τον MES και από τις 21 dph για το INT. Στο σύστημα MES προστέθηκαν επιπλέον κατεψυγμένα αυγά τσιπούρας μετά από τις 21 dph, ενώ οι δεξαμενές του ανέπτυξαν ζωοπλαγκτόν (*Harpacticoid copepod*), γεγονός το οποίο συνέβαλλε στην διατροφή των προνυμφών.

3.1.1.2 Αποτελέσματα Οντογενέσης

Πριν την έναρξη της εξωγενούς διατροφής, σε αυτήν την μελέτη, βρέθηκαν οι δραστηριότητες της αμυλάσης, λιπάσης και αλκαλικής φωσφατάσης, υποδηλώνοντας την σημασία του καταβολισμού του γλυκογόνου των αυγών, στην διάρκεια του εμβρυικού σταδίου. Στις 3-5 dph όπου άνοιξε το στόμα των ατόμων *S. dumerili*, η ενζυμική δραστηριότητα σχετίζεται περισσότερο με την αποικοδόμηση των υποστρωμάτων του κρόκου (λεκιθοτροφική περίοδος), παρά με την εξωγενή τροφή και η υψηλότερη δραστηριότητα της πρωτεάσης ως προς την λιπάση, περιγράφει την πρωτεΐνη ως κύρια πηγή ενέργειας σε αυτό το στάδιο. Η υψηλή απόθεση λιπιδίων στο ήπαρ, τόσο στο MES όσο και στο INT σύστημα, σε συνδυασμό με την αύξηση της ενζυμικής δραστηριότητας (αμυλάση, πρωτεάση, αλκαλική φωσφατάση), επιβεβαίωσε την σωστή εκτροφή των ατόμων μαγιάτικου.

Οι γαστρικοί αδένες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως μία από τις σημαντικότερες δομές του πεπτικού συστήματος, εμφανίστηκαν στις προνύμφες σε ολικό μήκος (TL) \geq 5.5 mm και στα 2 συστήματα εκτροφής. Η παρουσία των γαστρικών αδένων σηματοδοτεί την αρχή ανάπτυξης ενός πλήρη λειτουργικού στομαχιού, οδηγώντας στην μετάβαση των λαρβών σε νεανικά άτομα μαγιάτικου. Ανεξαρτήτως του συστήματος εκτροφής ο αριθμός των λιπιδικών κενοτοπίων στο ήπαρ παρουσίασε μείωση (11-15 dph),

συγκριτικά με τις αρχικές ημέρες ζωής, συνοδευόμενη από την μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας (αμυλάση, λιπάση, αλκαλική φωσφατάση), σημειώνοντας μια περίοδο υποσιτισμού. Σε αυτήν την χρονική περίοδο χορηγήθηκαν στις λάρβες ναύπλιοι *Artemias* και στα 2 συστήματα εκτροφής, παρόλο που παρουσιάστηκε δυσκολία αφομοίωσής της, αφού ανιχνεύθηκαν υπολείμματα rotifers και όχι ναυπλίων *Artemias* στο στομάχι των λαρβών. Η όξινη πέψη παρουσίασε αύξηση στις 20 dph, γεγονός που επιβεβαιώνει την διαφοροποίηση των γαστρικών αδένων στις 16 dph και την ολοκλήρωσή τους στις 20 dph. Τα αποτελέσματα διατυπώνουν την πέψη της πρωτεΐνης σε αλκαλικό pH, πριν την έναρξη της όξινης πέψης στα 15 dph, όπου η δραστηριότητα της πεψίνης σημείωσε άνοδο στις 20-30 dph. Η ανάπτυξη ενός ενήλικου συστήματος πρωτεϊνικής πέψης συνδέεται ακράδαντα με την δραστηριότητα της πεψίνης να αυξάνεται και της πρωτεάσης να μειώνεται (Gisbert et al. 2009).

3.1.1.3 Αποτελέσματα οπτικού συστήματος

Την ημέρα της εκκόλαψης (0 dph) ο αμφιβληστροειδής εμφανίστηκε ως ένα απλό ημισφαιρικό φύλλο αδιαφοροποίητου νευρικού επιθηλίου (UNE), που περικλείει τον φακό, ο οποίος με την σειρά του περιλαμβάνει μια σπείρα μη ειδικών κυττάρων. Στο διάστημα 1-2 dph υπήρξε η 1^η διαφοροποίηση με την εμφάνιση των:

- Στρώματος κυττάρων των γαγγλίων (GCL)
- Εσωτερικού πλεγματοειδούς στρώματος (IPL)
- Εσωτερικού πυρηνικού στρώματος (INL)
- Εξωτερικού πλεγματοειδούς στρώματος (OPL)
- Εξωτερικού πυρηνικού στρώματος (ONL)
- Στρώματος φωτουπόδοχέα

Από τις 3 dph και έπειτα, η χρωστική του επιθηλίου (PE) εμφανίστηκε στην εξωτερική περιοχή του αμφιβληστροειδούς, ενώ αναπτύχθηκε ο πυρήνας των κωνικών κυττάρων (3 dph), μαζί με τα ουδέτερα κύτταρα στο εσωτερικό πυρηνικό στρώμα (κύτταρα αμακρίνης, διπολικά και οριζόντια κύτταρα), με την διαφοροποίησή τους να είναι εμφανής. Οι πυρήνες των ραβδωτών κυττάρων εμφανίστηκαν στο ONL σε διαφορετικούς χρόνους μεταξύ των 2 συστημάτων εκτροφής, αλλά στο ίδιο ολικό μήκος των ψαριών, εξαιτίας των διαφορετικών ρυθμών ανάπτυξης μεταξύ των συστημάτων. Τα ραβδωτά κύτταρα εμφανίστηκαν πρώτα στο INT σύστημα (5.0 ± 0.2 mm) στις 15 dph και στην συνέχεια στο MES σύστημα (5.3 ± 0.2 mm). Λόγω της ανάπτυξης του ατόμου, ο αριθμός των ραβδωτών κυττάρων αυξανόταν με την πάροδο του χρόνου.

3.1.2 Επίδραση των πρωτοκόλλων διατροφής και των προβιοτικών

Ο στόχος στο συγκεκριμένο πείραμα ήταν να εκτιμηθεί η επίδραση: (α) της συγκέντρωσης ζωντανής τροφής και την συχνότητα χορήγησής της αλλά και (β) της χρήσης ανοσοποιητικών παραγόντων κατά την περίοδο χορήγησης των rotifer. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν ως προς την επιβίωση, την ανάπτυξη, τις φυσιολογικές παραμέτρους (οξειδωτικό στρες και ανοσοποιητικό σύστημα) και την οντογένεση των πεπτικών ενζύμων.

3.1.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Προηγήθηκε μια προκαταρκτική δοκιμή ώστε να επιλεγθούν τα προϊόντα και η περίοδος εμπλουτισμού, συνεχίζοντας με τον καθορισμό των πρωτοκόλλων εμπλουτισμού. Η εμπορική τροφή (T1) συγκρίθηκε με 3 πειραματικές θεραπείες (T2, T3, T4), αποτελούμενες από LC60/20:4n-6/10 ppm βασικού γαλακτώματος καροτενοϊδών

(T2), σε συνδυασμό με 20% λάδι Echiium (T3) και 20% λάδι μελανθίου (black cumin oil, T4).

Σε πρώτη δοκιμή εξετάστηκαν οι πειραματικές διατροφές μαζί με τις 2 συγκεντρώσεις ζωντανής τροφής: 5 (χαμηλής πυκνότητας) και 10 (υψηλής πυκνότητας) rotifers/ml. Το ποσοστό επιβίωσης των ψαριών ήταν χαμηλό ανεξαρτήτως από το διατροφικό σύστημα και την πυκνότητα των rotifers και η πυκνότητα της ζωντανής τροφής δεν επηρέασε σημαντικά την απόδοση των ψαριών και την συμπεριφορά σίτισής τους. Διατυπώθηκε αύξηση της τάσης επιβίωσης των ψαριών που δέχθηκαν την T3 και T4, σε σύγκριση με την εμπορική T1, ενώ παράλληλα στο πλαίσιο της αύξησης τα ψάρια, που τους χορηγήθηκε η T1, παρουσίασαν μικρότερο μέγεθος.

Πραγματοποιήθηκε δεύτερο πείραμα, όπου εξετάστηκε η συνδυασμένη επίδραση, των προϊόντων εμπλουτισμού, τα οποία περιείχαν ανοσοδιεργετικά (T3, T4) και της συχνότητας τροφοδοσίας σε λάρβες μαγιάτικου, πάνω στην δραστηριότητα πεπτικών ενζύμων, καθώς και στο ανοσοποιητικό σύστημα και το οξειδωτικό στρες. Λόγω διαφορετικής πηγής προέλευσης των αυγών και γεννητόρων διεξάχθηκαν 2 πειράματα. Οι δεξαμενές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν είχαν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Χωρητικότητα $V = 100 \text{ L}$
- Συνεχή παροχή φωτός με ισχύ 700 Lux
- Θερμοκρασία νερού $22.1 \pm 0,1 \text{ } ^\circ \text{C}$
- Διαλυμένο οξυγόνο(DO) $> 90 \%$
- Στις 3 dph μέχρι το τέλος του πειράματος (12 dph) η χορήγηση rotifers ήταν 5

άτομα/ml

- Η διανομή τροφής πραγματοποιούνταν 2 - 3 φορές ανά ημέρα

3.1.2.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση και η επιβιωσιμότητα των λαρβών ήταν παρόμοια και στις δύο δοκιμές. Συγκεκριμένα στην 1^η δοκιμή δεν ανιχνεύθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην επιβίωση μεταξύ των διαφορετικών χορηγήσεων, ενώ στην 2^η δοκιμή η επιβίωση και η αύξηση παρουσίασαν υψηλότερες τιμές για τις λάρβες που σιτίζονταν 3 φορές/ημέρα με τις πειραματικές διατροφές T2 και T4, σε σχέση με τις αντίστοιχες που σιτίζονταν 2 φορές/ημέρα. Η χορήγηση της πειραματικής διατροφής T4, έδειξε την βέλτιστη συμβολή στο ολικό μήκος των προνυμφών, ενώ παράλληλα έφερε σαν αποτέλεσμα την υψηλή δραστηριότητα των πεπτικών ενζύμων και συγκεκριμένα της αλκαλικής πρωτεάσης και της λιπάσης. Τα επίπεδα αυτών των ενζύμων οδηγεί στην βελτιωμένη πέψη και αφομοίωση της πρωτεΐνης και των λιπιδίων που χορηγούνται, καθιστώντας αποτελεσματική την τροφή. Ωστόσο τα επίπεδα της αμυλάσης, (ένζυμο που συσχετίζεται με την διάσπαση και αφομοίωση των υδατανθράκων), παρατηρήθηκαν να είναι χαμηλά, γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο, αφού το είδος *S. dumerili* σε όλα τα αναπτυξιακά του στάδια είναι σαρκοφάγο ψάρι. Γενικά η χρήση του ελαίου μελανθίου στον εμπλουτισμό των rotifers που προορίζονται ως ζωντανή τροφή για τα άτομα μαγιάτικου, έχει θετικές επιδράσεις τόσο σε εξωτερικά χαρακτηριστικά (μήκος), όσο και στο ανοσοποιητικό τους σύστημα, γεγονός το οποίο μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενο, εάν ληφθούν υπόψη οι πρόσφατες έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τις ιδιότητες του ελαίου από μελάνθιο (Awad et al. 2013).

3.1.3 Η επίδραση της πυκνότητας εκτροφής στην απόδοση των προνυμφών

3.1.3.1 Υλικά και Μέθοδοι

Δοκιμάστηκαν 2 μεγέθη δεξαμενών 40000 L και 2000 L, με αντίστοιχα αντίγραφα για την κάθε μία, ενώ παράλληλα η δεξαμενή των 2000 L, μορφοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχει 2 αρχικές πυκνότητες εκτροφής: 10 λάρβες/L και 20 λάρβες/L. Το πείραμα διήρκησε 30 ημέρες, ενώ οι εξετάστηκαν οι επιδόσεις στο πλαίσιο της ανάπτυξης, επιβίωσης, ιστολογίας, βιοχημικής σύνθεσης και των σκελετικών παραμορφώσεων των προνυμφών. Οι ανανεώσεις του νερού για τις δεξαμενές των 2,000 L και 40,000 L ήταν 10%/h και 4%/h αντίστοιχα, ενώ η ανανέωση του αέρα ήταν 350 ml/min και 1,400 ml/min αντίστοιχα

Η κατανομή των αυγών πραγματοποιήθηκε ως εξής: σε 4 δεξαμενές των 2,000 L με 2 πυκνότητες εκτροφής (10 αυγά/L και 20 αυγά/L) και σε 2 δεξαμενές των 40,000 L με πυκνότητα εκτροφής 10 αυγά/L. Οι δεξαμενές ρυθμίστηκαν, έτσι ώστε να έχουν φυσική φωτοπερίοδος (14 L : 10 D), περιεκτικότητα σε αλάτι (S) και διαλυμένο οξυγόνο (DO), 37 psu και 5-8 g/L και η θερμοκρασία να κυμαίνεται στους 25 – 27 ° C. Επιπροσθέτως έγινε χρήση της τεχνηκής του «πράσινου νερού», με την προσθήκη ζωντανού φυτοπλαγκτού, (*Nannochloropsis sp.*) σε συνδυασμό με την παροχή εμπλουτισμένων rotifers (1 – 30 dph), συνεχίζοντας με την παροχή Artemias για το χρονικό διάστημα 12 – 30 dph, η οποία συνοδεύτηκε με μια παράλληλη χορήγηση «microdiet» μαζί με την Artemia, με προοδευτικά μεγαλύτερο μέγεθος 75, 150 και 300 μm για το χρονικό διάστημα 13 – 30 dph.

3.1.3.2 Αποτελέσματα

Αρχικά οι λάρβες που εκτράφηκαν στις δεξαμενές με χωρητικότητα 2,000 L και πυκνότητα 10 αυγά/L σημείωσαν μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με τις λάρβες στην ίδια χωρητικότητα αλλά με 20 αυγά/L ως πυκνότητα εκτροφής, αλλά και από τις δεξαμενές με χωρητικότητα 40,000 L και πυκνότητα 10 αυγά/L. Παρατηρήθηκε διαφορά διασποράς στις δεξαμενές, ενισχύοντας το φαινόμενο του κανιβαλισμού. Επιπλέον το ποσοστό επιβίωσης ήταν υψηλότερο στις δεξαμενές χωρητικότητας 2,000 L σε σχέση με αυτές των 40,000 L, αλλά δεν βρέθηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών πυκνοτήτων εκτροφής (10 αυγά/L και 20 αυγά/L) στις δεξαμενές των 2,000 L, γεγονός το οποίο ισχύει και για την ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό μήκος και το σωματικό βάρος των προνυμφών, με τις υψηλότερες τιμές να τις κατέχουν οι δεξαμενές με 2,000 L χωρητικότητα και 10 αυγά/L πυκνότητα.

Οι αναλύσεις δεν έδειξαν κάποια σημαντική διαφορά στα περιεχόμενα λιπιδίων, πρωτεϊνών και τέφρας μεταξύ τα λαρβών, αλλά ούτε και στους rotifers και Artemia . Ωστόσο οι προνύμφες των δεξαμενών με χωρητικότητα 2,000 L και πυκνότητα εκτροφής 20 αυγά/L σημείωσαν την μεγαλύτερη τιμή σε DHA (22:6n-3) και ο πληθυσμός των ίδιων δεξαμενών με πυκνότητα 10 αυγά/L παρουσίασαν μεγάλες τιμές ARA (20:4n-6). Οι προνύμφες των 40,000 L, είχαν αυξημένες τιμές α-λινολενικού οξέος (ALA). Πρέπει να σημειωθεί ότι το ήπαρ προνυμφών από τις δεξαμενές με την μεγαλύτερη χωρητικότητα (40,000 L) και από τις δεξαμενές με χωρητικότητα 2,000 L και πυκνότητα εκτροφής 10 αυγά/L, παρουσίασε κανονική ηπατοκυτταρική μορφολογία με ελάχιστα κυτταροπλασματικά κενοτόπια τα οποία δεν επηρέασαν το σχήμα ή το μέγεθος των ηπατοκυττάρων, όπου στην πρώτη περίπτωση υποδηλώνει την καλύτερη πέψη και αφομοίωση των διατροφικών λιπιδίων. Ωστόσο στις δεξαμενές των 2,000 L και της

υψηλής πυκνότητας εκτροφής (20 αυγά/L) σημειώθηκε υψηλότερο βαθμός κενοτοπισμού υποδηλώνοντας την κακή πέψη και απορρόφηση των λιπιδίων από την τροφή, που θα μπορούσε να οφείλεται στο στρες της υψηλής πυκνότητας εκτροφής. Συμπερασματικά η βέλτιστη πυκνότητα εκτροφής προνυμφών του είδους *S. dumerili* είναι 10 αυγά/L σε δεξαμενές των 2,000 L.

3.1.4 Επίδραση την πυκνότητας εκτροφής και του τύπου των δεξαμενών στην απόδοση των προνυμφών

3.1.4.1 Υλικά και Μέθοδοι

Διερευνήθηκε η επίδραση της πυκνότητας εκτροφής και του τύπου της δεξαμενής στην απόδοση των προνυμφών, εξετάζοντας τις παραμέτρους της ανάπτυξης και της επιβίωσης. Για το στόχο αυτό, τα αυγά τοποθετήθηκαν σε 3 διαφορετικές πυκνότητες: 25, 50 και 75 αυγά/L, ενώ ο τύπος των δεξαμενών ήταν κυλινδρικό-κωνικός με όγκο 40,000 L και 2,000 L πραγματοποιώντας τη δοκιμή με επαναλήψεις για χρονικό διάστημα 30 ημερών. Οι συνθήκες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκε η εκτροφή ήταν οι εξής:

- Η ροή του νερού εισερχόταν από τον πάτο της δεξαμενής και εξερχόταν από το πάνω μέρος της, ενώ η ανανέωσή του αυξανόταν σταδιακά από 25% /d έως 200% /h

- Ο αερισμός του νερού ορίστηκε ως 125 ml/min ώστε το διαλυμένο οξυγόνο (DO) να φτάνει σε επίπεδα 6.78 ± 0.5 ppm (κορεσμός 60 – 80 %)

- Θερμοκρασία του νερού (T) = 26 ± 1 ° C

- Αλατότητα νερού (S) = 37 psu

- Η φωτοπερίοδος ορίστηκε ως φυσική (14 L: 10 D)

- Κάθε δεξαμενή κατείχε στην επιφάνεια του νερού skimmer για την απομάκρυνση οργανικής ύλης

• Έγινε χρήση της τεχνικής «πράσινου νερού», με την προσθήκη φυτοπλαγκτόν (*Nannochloropsis sp.*) φτάνοντας σε επίπεδα των 250,000 κυττάρων / ml κατά την χρονική περίοδο που τα άτομα *S. dumerili* τρέφονταν με εμπλουτισμένους rotifers και Artemia

Επιπλέον χορηγήθηκαν microdiets με προοδευτικά αυξανόμενο μέγεθος (75, 150 και 300 μm). Οι συνθήκες εκτροφής ήταν σύμφωνες με το πρωτόκολλο του FCPCT. Παρατηρήθηκε έντονα το φαινόμενο του κανιβαλισμού λόγω υψηλής διασποράς μεγέθους κατά το χρονικό διάστημα 10 – 15 dph.

3.1.4.2 Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η πυκνότητα εκτροφής 75 αυγά/L προσφέρει υψηλές τιμές αύξησης, φτάνοντας ολικό μήκος 17.43 ± 4.19 mm ενώ η πυκνότητα εκτροφής 25 αυγά/L προσφέρει υψηλά ποσοστά επιβίωσης φτάνοντας ποσοστά $11,25\% \pm 4,92$.

3.1.5 Η επίδραση του φωτός (ένταση και διάρκεια) και του χρώματος φόντου στην απόδοση των προνυμφών

3.1.5.1 Υλικά και Μέθοδοι

Η συγκεκριμένη μελέτη υλοποιήθηκε υπό συνθήκες εντατικής εκτροφής με αυγά προερχόμενα από γεννήτορες ιχθυοκαλλιέργειας. Έγινε χρήση της τεχνικής «ψευδό-πράσινου» νερού, παραλλαγής της τεχνικής του «πράσινου», όπου γίνεται καθημερινή προσθήκη ποσότητας ζωοπλαγκτόν ούτως ώστε να διατηρηθούν σε ένα σταθερό επίπεδο, προτού χρησιμοποιηθεί καθαρό νερό για την εκτροφή. Τα χαρακτηριστικά των δεξαμενών που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτροφή ήταν τα εξής:

- Δεξαμενές χωρητικότητας 500 L, οργανωμένες σε διπλότυπα με κλειστό σύστημα νερού και βιολογικό φίλτρο

- Το νερό προήλθε από γεώτρηση (35 psu) και φιλτραρίστηκε

- Θερμοκρασία νερού (T)

 - ο Κατά την αυτοτροφική περίοδο, $22 \pm 0,5$ ° C

 - ο Μετέπειτα με το άνοιγμα του στόματος αυξήθηκε σταδιακά στους $24 \pm 0,8$ ° C,

- Το pH κυμάνθηκε από 7.8 έως 8.2

- Διαλυμένο οξυγόνο = 5.0 – 7.4 mg/L

- Ένταση του φωτός

 - ο Κατά την διάρκεια της ημέρας κυμαινόταν μεταξύ 200 – 800 lux

 - ο Κατά την διάρκεια της νύχτα ήταν περίπου στα 200 lux

Η τροφή που χορηγήθηκε αποτελούνταν από εμπλουτισμένους rotifers για το διάστημα 3 – 21 dph και ναυπλίους Instar II Artemia από 12 dph και μετέπειτα. Η τεχνητή τροφή χορηγήθηκε από τις 21 dph και μετέπειτα. Γινόταν καθημερινή προσθήκη του φυτοπλαγκτόν, με αυτοματοποιημένο σύστημα τροφοδοσίας για διατήρηση του επιθυμητού επιπέδου της συγκέντρωσης, για το διάστημα 3 – 21 dph.

Για την εκτίμηση της αύξησης των ατόμων μαγιάτικου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις συνολικού μήκους και υγρού βάρους, καθώς και απαρίθμηση του πληθυσμού στο τέλος της περιόδου εκτροφής (25 dph). Εκτιμήθηκε και ο σωματότροπος άξονας, διότι αντιπροσωπεύει τους ενδοκρινείς και αυτοκρινείς ρυθμιστές της ανάπτυξης των σκελετικών μυών, επηρεάζοντας σημαντικά τον μεταβολισμό και την διεξαγωγή

φυσιολογικών διεργασιών του οργανισμού. Επιπροσθέτως πάρθηκαν δείγματα στις χρονικές στιγμές 3, 5, 17, 25 και 30 dph, ώστε να αναλυθεί η γονιδιακή έκφραση.

3.1.5.2 Αποτελέσματα δοκιμής διαφορετικής φωτοπερίοδου

Δοκιμάστηκαν 2 συνθήκες φωτός: α) 24 L : 00 D και β) 18 L : 06 D. Αρχικά η επιβίωση της φωτοπερίοδου 18 L : 06 D ήταν σχετικά μεγαλύτερη ($10,6 \pm 4,2\%$) από αυτήν της 24 L : 00 D ($8,2 \pm 3,1\%$). Το συνολικό μήκος δεν επηρεάστηκε από την διαφορετική φωτοπερίοδο, με τα ψάρια να αυξάνονταν με εκθετική ταχύτητα της τάξεως των 0.310 mm/d. Τα επίπεδα έκφρασης του mRNA του IGF-I βρέθηκαν να είναι μεγαλύτερα στην δεύτερη ομάδα φωτοπερίοδου (18 L : 06 D), σε σχέση με την πρώτη ομάδα (24 L : 00 D) στις χρονικές στιγμές 17 dph και 25 dph. Όσον αφορά την έκφραση IGF-BP 2, έδειξε σταδιακή αύξηση σε όλη την διάρκεια της δοκιμής, με την δεύτερη ομάδα φωτοπερίοδου να κατέχει υψηλότερη τιμή από αυτήν της πρώτης ομάδας, στις 30 dph.

3.1.5.3 Αποτελέσματα δοκιμής διαφορετικού χρώματος φόντου

Εξετάσθηκαν δεξαμενές με 3 διαφορετικά χρώματα ως φόντο (μαύρο, πράσινο και άσπρο **Εικ. 5**) εις διπλούν με εγκατεστημένα φώτα κάτω από την επιφάνεια του νερού λειτουργώντας με τέτοιο τρόπο ώστε να μιμηθούν την φωτεινότερη περίοδο της ημέρας (8:00 – 20:00), φωτίζοντας έτσι την στήλη του νερού χωρίς να επηρεαζόταν η ένταση στην επιφάνεια.



Εικόνα 5 Δεξαμενές εκτροφής με διαφορετικό χρωματικά φόντο (λευκό, πράσινο, μαύρο)

(Πηγή: Tsalafouta A, Pavlidis M, Papandroulakis N 2017)

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην ανάπτυξη των ψαριών σε σχέση με το διαφορετικό χρώμα δεξαμενής. Συγκεκριμένα για την εκτίμηση της ανάπτυξης μετρήθηκε το ολικό μήκος (Μαύρο: 0.0481/d, Λευκό: 0.0393/m, Πράσινο: 0.0355/d) και το υγρό βάρος (Μαύρο: 0.1260/d, Λευκό: 0.1970/d, Πράσινο: 0.171/d). Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς τα ποσοστά επιβίωσης των ψαριών κατά την διάρκεια της πειραματικής δοκιμής, με το μεγαλύτερο ποσοστό να εμφανίζεται στο λευκό φόντο ($22,2 \pm 0,7\%$), ύστερα το πράσινο φόντο ($16,5 \pm 0,9\%$) και τέλος το μαύρο φόντο ($8,2 \pm 3,1\%$). Ο άξονας IGF-I έδειξε μεγαλύτερα επίπεδα για το λευκό φόντο καθώς προχωρούσε η ανάπτυξη, αλλά σημείωσε υψηλές τιμές συγκεκριμένα στις 17 dph και 30 dph.

Συμπερασματικά η χρήση του λευκού φόντου στις δεξαμενές εκτροφής προνυμφών του είδους *S. dumerili* αυξάνει τόσο τα επίπεδα έκφρασης mRNA ορισμένων γονιδίων σωματοτρόπου άξονα (IGF-I, IGF-BP2), όσο και το ποσοστό επιβίωσης των ψαριών. Η παρούσα έρευνα παρείχε για πρώτη φορά πληροφορίες για την ρύθμιση των παραμέτρων που σχετίζονται με τα γονίδια IGF του μαγιάτικου, συμβάλλοντας στην κατανόηση της σχέσης του φόντου της δεξαμενής και της επιβίωσης των προνυμφών σε πρώιμο στάδιο.

3.1.6 Διαμόρφωση βιομηχανικού πρωτοκόλλου

Τα αποτελέσματα των ερευνών που αναφέρθηκαν δοκιμάστηκαν από 2 ιχθυοκαλλιέργειες στη χώρα μας, παρόλο που οι συγκεκριμένες επιχειρήσεις δεν είχαν καμία εμπειρία με το συγκεκριμένο είδος προς εκτροφή. Τα αυγά που προμηθεύτηκαν προήλθαν από τα εκτροφεία GMF και Αργοσαρωνικός ΑΕ.

Στο GMF η εκκόλαψη πραγματοποιήθηκε απευθείας σε δεξαμενές για λάρβες πυκνότητας 120 αυγά/L. Σε αυτό το στάδιο σημειώθηκε ποσοστό επιβίωσης 62 %, αφού μετά την εκκόλαψη η πυκνότητα εκτροφής μειώθηκε στα 75 αυγά/L. Τα χαρακτηριστικά των δεξαμενών διατήρησης ιχθυδίων ήταν τα εξής:

- Ένταση φωτός

- ο Στις 3 dph, 800 lux

- ο Στις 6 – 12 dph, 1200 lux

- ο Στις 12 – 20 dph 1000 lux με σταδιακή μείωση στα 500 lux

- Φωτοπερίοδος

- ο Για το διάστημα μεταξύ του ανοίγματος στόματος και 20 dph, ήταν συνεχής (24 L : 00 D)

- ο Στην συνέχεια μειώθηκε στο προφίλ 18 L : 06 D έως τις 30 dph

- ο Μετέπειτα ρυθμίστηκε σε φυσική φωτοπερίοδο

Η χορήγηση του φυτοπλαγκτόν ξεκίνησε από τις 2 έως και 15 dph, ενώ η διατροφή βασίστηκε σε εμπλουτισμένους rotifers ακολουθώντας με Artemia και ξηρά τροφή. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε προσθήκη κατεψυγμένων αυγών ύστερα από τις 20 dph.

Ύστερα από το στάδιο της εκκόλαψης τα άτομα μαγιάτικου υποβλήθηκαν σε απογαλακτισμό και επιλογή μεγέθους. Ο τελικός αριθμός ατόμων μαγιάτικου που

μεταφέρθηκαν για το στάδιο της προπάχυνσης κυμαίνονταν στα 15,000 με ταξινόμηση σε 4 κατηγορίες μεγέθους μεταξύ 0.3 – 2.5 g.

Και στη δεύτερη επιχείρηση που συμμετείχε στο ερευνητικό πρόγραμμα DIVERSIFY έγινε άμεση επώαση των αυγών σε δεξαμενές εκτροφής προνυμφών. Το έτος 2017 έλαβε 4 παρτίδες αυγών των 1.0, 1.2, 0.65 και 0.5 M. Σύμφωνα με το εκάστοτε πρωτόκολλο της επιχείρησης, τα αυγά αφότου τοποθετηθούν για επώαση, μεταφέρονται στις δεξαμενές εκτροφής λαρβών μόνο όταν παρατηρηθεί άνοιγμα στόματος, μία διαδικασία η οποία αποδείχθηκε να έχει θανατηφόρες επιπτώσεις στις προνύμφες. Η εκτροφή των προνυμφών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρωτόκολλο της εταιρείας. Ορισμένα χαρακτηριστικά της εκτροφής ήταν ότι η θερμοκρασία του νερού κυμαινόταν στους 24.5 – 25.0 ° C και η σίτιση η οποία αποτελούνταν από εμπλουτισμένους rotifers, instar I και II ναυπλίους *Artemias* και στη συνέχεια από τεχνητές τροφές. Όσον αφορά την ένταση του φωτός, ρυθμίστηκε με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να ξεπερνάει τα 1000 lux στην επιφάνεια του νερού, οδηγώντας σε υψηλή επιβίωση. Ύστερα από τις 20 dph έγινε διαλογή και ομαδοποίηση των λαρβών μειώνοντας το φαινόμενο του κανιβαλισμού με τελικό αποτέλεσμα τον αριθμό των 48,300 ιχθυδίων βάρους 25 – 50 g.

Ύστερα λοιπόν από πολλαπλές δοκιμές και έρευνες ήταν εφικτή η διαμόρφωση ενός κατάλληλου μέχρι τώρα πρωτοκόλλου εκτροφής προνυμφών μαγιάτικου. Τα χαρακτηριστικά που προτείνονται είναι τα εξής:

- Σύστημα εκτροφής

Η τοποθέτηση των προνυμφών σε μεγάλες δεξαμενές με μικρή αρχική πυκνότητα εκτροφής, οδηγεί στην καλύτερη ανάπτυξη και επιβίωση των ατόμων μαγιάτικου.

- Πυκνότητα εκτροφής

Εάν η συγκέντρωση των αυγών στις δεξαμενές εκτροφής προνυμφών ξεπερνάει τα 25 αυγά/L, δρα αρνητικά στην ανάπτυξη και επιβίωση των αυγών.

- Συνθήκες φωτός

Συνιστάται για το διάστημα 1 – 20 dph και 21 – 30 dph, η φωτοπερίοδος να είναι ρυθμισμένη ως 24 L : 00 D και 18 L : 06 D αντίστοιχα. Η ένταση του φωτός προτείνεται στις χρονικές στιγμές 3, 6, 12 και 20 dph να σημειώνει τιμές 800 , 1200, 1000 και 500 lux αντίστοιχα με τέτοιο τρόπο ώστε οι αυξομειώσεις να πραγματοποιούνται σταδιακά και με ομαλό ρυθμό.

- Ποιότητα νερού

Για την εξασφάλιση ενός ιδανικού ποιοτικά περιβάλλοντος όσον αφορά την ποιότητα νερού, προτείνεται το εξής προφίλ:

ο Η ανανέωση του νερού να αυξάνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου με ενδεικτικές τιμές 15 – 40 % / d στην 1 dph, 30 – 40 % στις 10dph, 100 – 120 % στις 20 dph και 200 – 240 % στις 30 dph

ο Η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου να κυμαίνεται στα 4.9 – 8.2 mg/L με προτίμηση ανώτατου ορίου τα 6 mg/L

ο Η αλατότητα να είναι 35 – 40 psu

ο Το pH μεταξύ 7.8 – 8.5

ο Η θερμοκρασία του νερού να κυμαίνεται στους 22 – 27 °C με προτίμηση μεταξύ 23.5 – 25.0 °C

- Διατροφή

Το πρωτόκολλο της διατροφής της κάθε επιχείρησης θα πρέπει να διαμορφώνεται ανάλογα με τις συνθήκες εκτροφής και ανάπτυξης των προνυμφών.

Είναι σημαντικό στοιχείο να μπορεί η προνύμφη να αντιληφθεί την τροφή της, αν την καταναλώσει και εν τέλει να την αφομοιώσει, δίνοντας έτσι βάση στην παράλληλη ανάπτυξη του οπτικού και του πεπτικού συστήματος. Συνίσταται η προσθήκη μικροφυκών σε συγκέντρωση $150 - 300 \times 10^3$ κύτταρα/ml ξεκινώντας από την 1 dph, εμπλουτισμένων rotifers με χορήγηση 2 φορές ανά ημέρα σε συγκέντρωση 3 – 10 rotifer/ml για το διάστημα 3 – 25 dph, ναυπλίου Artemia AF στις 12 dph, EG Artemia στις 14 – 18 dph, φτάνοντας έτσι στην τροφή για τον απογαλακτισμό των ατόμων μαγιάτικου στις 18 dph. Παράλληλα η προσθήκη στην ζωντανή τροφή συμπληρωμάτων που περιέχουν φωσφολιπίδια (PL), καροτενοϊδή, αραχιδονικό οξύ (AA) και ανοσορρυθμιστές όπως το έλαιο Echiium και μελανθίου (black cummin oil) συνεισφέρει στην επιπλέον βελτίωση της εκτροφής των λαρβών *S. dumerili*.

- Διαχείριση εκτροφής

Συχνό φαινόμενο στην εκτροφή ατόμων μαγιάτικου είναι ότι οι προνύμφες ύστερα από τις 20 dph παρουσιάζουν σημαντική ανομοιογένεια μεταξύ του, ανεξαρτήτως του συστήματος εκτροφής στο οποίο βρίσκονται. Παρόλο που οι ακριβείς λόγοι για αυτό το πρόβλημα δεν είναι ακόμη γνωστοί, γίνονται προσπάθειες, ώστε να καθοριστούν. Παράλληλα συνίσταται η συχνή διαλογή των ατόμων μαγιάτικου σε κατάλληλες τάξεις μεγέθους, με την μεθόδων και εξοπλισμού που προϋπάρχουν σε όλα τα εκκολαπτήρια, ούτως ώστε να μειωθεί σημαντικά το συγκεκριμένο φαινόμενο. Έτσι οι ομάδες των 20 – 30 dph, που έχουν υποστεί διαλογή, παρουσιάζουν ποσοστό θνησιμότητα περίπου 10%, σε αντίθεση με τις ομάδες που δεν έχουν δεχθεί καμία είδους μεταχείριση (90%). Όταν πραγματοποιείται η διαλογή των ψαριών, είναι απαραίτητη η μεταφορά τους, η

οποία θα πρέπει να γίνεται με επιπλέον προσοχή σε άτομα που δεν ξεπερνούν τα 15 mm ολικού μήκους. Εφόσον τα άτομα αποκτήσουν τα 20 mm ως ολικό μήκος ή ξεπεράσουν τα 0.5 – 1.0 gr ολικού βάρους, η διαχείρισή τους γίνεται ευκολότερη με μερικές εξαιρέσεις, όπου συνίσταται η ελαφριά αναισθησία.

3.2 Πάχυνση

3.2.1 Διαμόρφωση της μεθόδου εκτροφής στους κλωβούς

Παρόλο που έχουν διεξαχθεί ποικίλα πειράματα σε βιομηχανική κλίμακα για τον καθορισμό συνθηκών και κατάλληλων μεθοδολογιών, η εκτροφή στους κλωβούς παραμένει μία δύσκολη υπόθεση.

3.2.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

12,000 άτομα μαγιάτικου με μέσο βάρος 10 g, χωρίστηκαν σε 2 ομάδες και τοποθετήθηκαν σε 2 κυκλικούς κλωβούς με διαφορετικό βάθος διχτυού (2,800 και 1,600 m³), ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση που θα είχε η πυκνότητα εκτροφής. Η χορήγηση τροφής έγινε με αυτόματους τροφοδότες ή/και με την παρουσία του προσωπικού της ιχθυοκαλλιέργειας. Στον πρώτο μήνα τα ψάρια σημείωσαν υψηλό ρυθμό ανάπτυξης με μέσο ατομικό βάρος 218 ± 56 g και 205 ± 65 g για το βαθύ και τον ρηχό κλωβό αντίστοιχα, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα και μια σημαντική μείωση στα ποσοστά θνησιμότητας κατά 25% και 34% αντίστοιχα. Η μεγάλη ανομοιογένεια που παρουσίασαν ωστόσο εμπόδισαν την εφαρμογή μεθόδων εκτροφής που σχετίζονται με το μέγεθος της τροφής. Με την διαλογή των ψαριών, ακολούθησε η δημιουργία 2 ομάδων ψαριών, με την 1^η να έχει 5,000 άτομα με μέσο βάρος 460 ± 20 g και η 2^η με 3,500 άτομα μέσου βάρους 263 ± 19 g. Στην συνέχεια εξετάστηκαν οι παράμετροι της ανάπτυξης,

αποτελεσματικότητας τροφής και επιβίωσης σε αυτές τις ομάδες, καθώς και οι παθολογίες που μπορούσαν να παρουσιάσουν.

3.2.1.2 Αποτελέσματα

Κατά την διάρκεια του πειράματος παρουσιάστηκε πρόβλημα παρασιτώσεων στα βράγχια των ψαριών (*Zeuxapta seriolae*), οδηγώντας σε υψηλές τιμές θνησιμότητας. Την υψηλότερη τιμή την είχε η 1^η ομάδα ψαριών (25%) και την χαμηλότερη τιμή η 2^η ομάδα (περίπου 6.5%). Η αντιμετώπιση του προβλήματος έγινε με εμβαπτισμό (λουτρά) σε υπεροξειδίο του υδρογόνου καταπολεμώντας αποτελεσματικά τα παράσιτα. Ως εκ τούτου, προτείνεται ως μέτρο αντιμετώπισης η χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου σε περίπτωση που επανεμφανιστούν τα συγκεκριμένα παράσιτα.

Με το πέρας του πειράματος, παρέμειναν στους κλωβούς 4,900 άτομα στην 1^η ομάδα και 3,090 άτομα στην 2^η ομάδα μέσου βάρους $914 \pm 150\text{g}$ και $631 \pm 120\text{g}$ αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις ο ρυθμός ανάπτυξης για την μεγάλη ομάδα ήταν 2,86 g/d και 2.07 g/d για την μικρή ομάδα. Πριν την διαλογή οι ομάδες παρουσίασαν παρόμοιο ρυθμό αύξησης της τάξεως 5 g/d και με δείκτη FCR ίσο με 1.2. Μετέπειτα της διαλογής και μέχρι το πέρας του πειράματος οι 2 ομάδες παρουσίασαν παρόμοια απόδοση ανάπτυξης με γραμμικό ρυθμό (1.42 g/d) και με δείκτη FCR ίσο με 1.86 και 2.03 για την 1^η και την 2^η ομάδα αντίστοιχα.

Παρόμοιο πείραμα πραγματοποιήθηκε με οργάνωση 26,500 ατόμων μαγιάτικου σε ομάδες των 12,000 ατόμων με μέσο βάρος 23 g και των 14,500 ατόμων με μέσο βάρος 15.5 g και την τοποθέτησή τους σε 2 ορθογώνιους κλωβούς (10x10x8 m).

Ωστόσο η παρουσία του παράσιτου *Z. seriolae* οδήγησε στην απώλεια του 50% της 1^{ης} ομάδας ψαριών. Πραγματοποιήθηκαν λουτρά στην 2^η ομάδα με υπεροξειδίο του υδρογόνου, καταφέροντας να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες. Η ανομοιογένεια επηρεασμένη και από το περιστατικό του παρασιτισμού, παρουσίασε υψηλές τιμές και στις 2 ομάδες, κάνοντας την διαλογή τους άκρως απαραίτητη.

Ύστερα από το περιστατικό του παρασιτισμού διαμορφώθηκαν 2 ομάδες με 4,700 άτομα έκαστος, με μέσο βάρος 406 ± 40 g (1^η ομάδα) και 607 ± 23 g (2^η ομάδα) και μεταφέρθηκαν σε 2 κλωβούς με παρόμοια πυκνότητα (2.2 kg/m^3). Για το χρονικό διάστημα πριν την διαλογή τους, παρουσίασαν γραμμική αύξηση της τάξεως των 3.45 g/d και μέση τιμή FCR ίση με 1.47. Ύστερα από την διαλογή τους η 1^η ομάδα είχε ως ρυθμό ανάπτυξης 1.25 g/d και 1.83 g/d για την 2^η ομάδα, με δείκτη FCR 2.46 και 2.35 αντίστοιχα. Με το πέρας του πειράματος η 1^η ομάδα είχε 4,870 άτομα μαγιάτικου με μέσο βάρος 597 ± 191 g και η 2^η ομάδα είχε 4,500 άτομα με μέσο βάρος 955 ± 189 g. Τα ψάρια δεν παρουσίασαν επιπλοκές κατά την χορήγηση εμπορικής τροφής ή στην διεξαγωγή πρωτοκόλλων καθαρισμού ή αλλαγής και παρατηρήθηκε ότι παρόλο που η πυκνότητα δεν ήταν υψηλή, για ένα πελαγικό ψάρι η τιμή των 5 kg/m^3 είναι αποδεκτή.

Το μεγαλύτερο εμπόδιο που παρουσιάστηκε στο πείραμα ήταν το παράσιτο *Z. seriolae*, το οποίο αν και αντιμετωπίστηκε επιτυχώς με την χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου, η εφαρμογή του δεν ήταν εύκολη θέτοντας την ανάγκη καθιέρωσης κατάλληλων μεθοδολογιών αντίστοιχες για τους κλωβούς. Επιπροσθέτως το είδος του μαγιάτικου είναι επιρρεπές σε λοιμώξεις που μπορεί να προκαλέσει το βακτήριο *Vibrio harveyi* (Castillo, et al., 2015).

3.2.1.3 Επιπλέον πείραμα

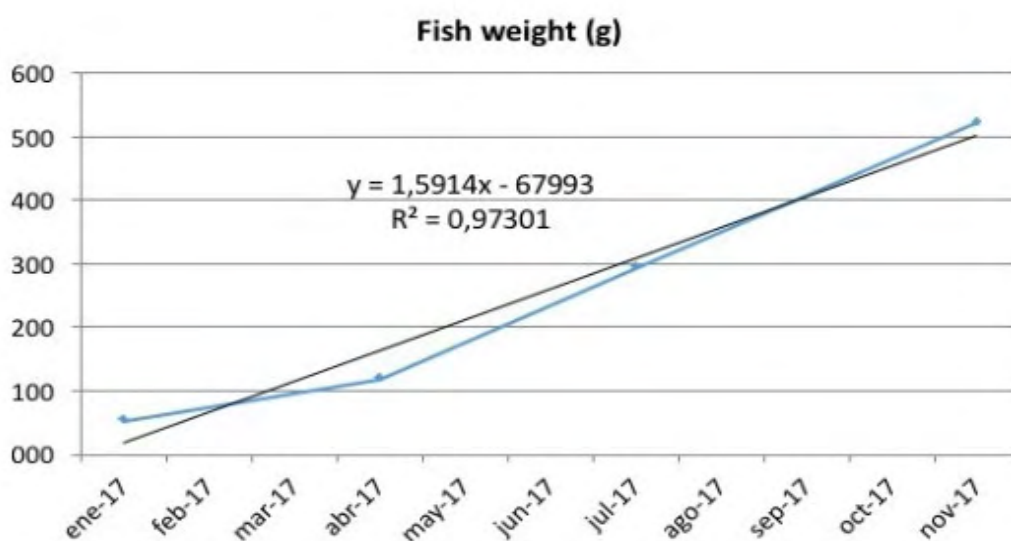
Στις Κανάριες Νήσους πραγματοποιήθηκε ακόμη μία δοκιμή σε κλωβούς, εξετάζοντας τα αποτελέσματα που θα προκύψουν στις τοπικές καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες. Ύστερα ψάρια με μέσο βάρος 52.92 ± 23.86 g από το λιμάνι Taliarte μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις της CANEXMAR, ώστε να τοποθετηθούν σε πειραματικούς κλωβούς. Το χρονοδιάγραμμα ήταν 2:30 ώρες μέσα στις οποίες συλλέχθηκαν τα ψάρια από τις δεξαμενές του FCPCT (11:00 – 13:00) και μεταφέρθηκαν στο λιμάνι (13:30). Το φορτηγό που ήταν υπεύθυνο για την μεταφορά τους, ήταν εξοπλισμένο με δεξαμενές των 500 L, με πυκνότητα ψαριών 20 – 22 kg/m³ και φιάλη οξυγόνου που παρείχε περίπου 6.5 mg/L.

Σύμφωνα με την κατάσταση της θάλασσας και των ρευμάτων, ορίστηκε από την εταιρεία, η δειγματοληψία να πραγματοποιείται κάθε 90 ημέρες. Το πρωτόκολλο δειγματοληψίας είχε ως εξής:

- Ζύγισμα 3 παρτίδων ψαριών για καθορισμό μέσου βάρους και κατάλληλης τροφής.
- Περαιτέρω ανάλυση 15 – 20 ψαριών στα εργαστήρια του FCPCT.
- Καθορισμός βάρους και μήκους, καταγραφή παρατηρήσεων και φωτογράφιση των δειγμάτων.
- Παρατηρήσεις σε σχέση με την ύπαρξη παράσιτων.
- Απεντέρωση και ζύγισμα των ψαριών.
- Τομή και απόκτηση των 2 φιλέτων του κάθε ψαριού, με ενδιάμεση ζύγισή του μετά την κάθε τομή και αποθήκευση του ενός για περαιτέρω βιοχημικές αναλύσεις.

- Χρήση του υπολειπόμενου φιλέτου και ψαριού για υγειονομικές αναλύσεις.

Κατά την διάρκεια του πειράματος τα ψάρια τρέφονταν τις νυχτερινές ώρες για 30 περίπου λεπτά με τροφή του εμπορίου, υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Δεν παρατηρήθηκε περίεργη συμπεριφορά από μέρους των ψαριών κατά την διάρκεια της χορήγησης της τροφής, ούτε σημαντικές θνησιμότητες στην διάρκεια της δοκιμής, ενώ οι θαλάσσιες συνθήκες που επικρατούσαν αποτελούσαν μεσαίου επιπέδου, σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα καθημερινά αρχεία της εταιρείας. Αρχικά ο ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών ήταν μειωμένος, ενώ στο τέλος Απριλίου, σημείωσε υψηλότερη απόκλιση (**Σχήμα 5**), υποδεικνύοντας ότι τα ψάρια απαιτούν ένα χρονικό διάστημα εγκλιματισμού στους κλωβούς. Επιπροσθέτως οι κλωβοί, με την αυξανόμενη θερμοκρασία του νερού, καλύφθηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειωθεί η έκθεση του πληθυσμού στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ παράλληλα διαμορφώθηκε καταλλήλως η χορήγηση της τροφής. Στον **Πίνακα 8** αναγράφονται οι μετρήσεις ανά εξέταση των ψαριών που υποβλήθηκαν σε δειγματοληψία στο FCPCT.



Σχήμα 5 . Ρυθμός ανάπτυξης του πληθυσμού των ψαριών στους κλωβούς της CANEXMAR, με βάση το βάρος τους (Πηγή: DIVERSIFY, CANEXMAR).

Πίνακας 1 Παράμετροι που εξετάστηκαν στα ψάρια, τα οποία υποβλήθηκαν σε δειγματοληψία ανά 90 ημέρες στις εγκαταστάσεις της CANEXMAR (Πηγή: DIVERSIFY, CANEXMAR).

Sampling	Temperature (°C)	weight (g)	Growth (g from the initial)	Growth (% initial)
Jan-17	18	52.91±23.86	-	-
April-17	19	119.00±25.44	66.09±25.44	124.91±48.08
July-17	21	293.70±57.35	240.79±57.35	455.10±108.40
Nov-17	23	521.82±103.73	468.91±103.73	886.24±196.05
Sampling	Total length (cm)	K	Evisc weight (g)	VSI
April-17	21.01±1.46	1.27±0.07	105.83±15.04	11.33±0.94
July-17	29.66±1.72	1.11±0.07	275.70±55.72	9.19±2.47
Nov-17	35.31±2.68	1.16±0.08	546.75±91.22	7.14±1.65
Sampling	Right fillet (g)	Left fillet (g)	Fillet (%)	HSI
April-17	26.33±6.09	25.94±4.74	55.77±3.75	1.82±0.41
July-17	48.92±11.01	56.20±14.73	65.80±3.00	1.11±0.42
Nov-17				1.55±0.35

3.2.2 Καθορισμός μεθόδων χορήγησης τροφής

Ο καθορισμός μιας κατάλληλης στρατηγικής για την χορήγηση τροφής, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που διαμορφώνουν το τελικό μέγεθος του ψαριού, με άμεσες συνέπειες στην τιμή του. Η διαχείριση της τροφής μπορεί

περιλαμβάνει, την ποσότητα στην οποία χορηγείται, η συχνότητα των γευμάτων, καθώς και την χωρική και χρονική κατανομή της στους κλωβούς. Σύμφωνα με τους Silva et al., (2007), έχει αποδειχθεί ότι η συχνότητα χορήγησης και το μέγεθος της τροφής συμβάλλουν σημαντικά στην ρύθμιση της πρόσληψης τροφής, της ανάπτυξης, αλλά και των αποβλήτων των ψαριών. Ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας είναι η βελτιστοποίηση της διατροφικής στρατηγικής, ανάλογα με την μεταβλητότητα της όρεξης, για τα 5 g και 200 g ιχθύδια του είδους *S. dumerili*. Οι παράμετροι που δοκιμάστηκαν ήταν: ο ρυθμός χορήγησης της τροφής, η στιγμιαία ή συνεχόμενη χορήγηση επιτρέποντας τα ψάρια να καθορίσουν τον χρόνο και το μέγεθος της ημερήσιας παροχής, η απόδοση της τροφής, η επιβίωση και διαβίωση και τέλος η ποιότητα και ποσότητα των ιχθυδίων του μαγιάτικου.

3.2.2.1 Ορισμός του τρόπου διατροφής για ιχθύδια των 10 g

3.2.2.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Συνδυάστηκαν 2 παράμετροι: α) ο ρυθμός σίτισης (% σωματικού βάρους ανά ημέρα) και β) η συχνότητα σίτισης (αριθμός γευμάτων ανά ημέρα όπου υπολογίζεται ο ρυθμός σίτισης).

Σε αυτό το χρονικό διάστημα 600 άτομα μαγιάτικου βάρους 12.01 ± 1.5 g κατανεμήθηκαν σε 24 δεξαμενές χωρητικότητας 500 L, τύπου «raceway» (25 ψάρια/δεξαμενή) και υποβλήθηκαν σε 8 διατροφικές στρατηγικές (εις τριπλούν). Τα προφίλ των διατροφών ήταν τα εξής:

- S3, 3 χορηγήσεις τροφής ανά ημέρα μέχρι κορεσμό
- S1, 1 χορήγηση τροφής ανά ημέρα μέχρι κορεσμό
- 3.5% της βιομάζας χωρισμένο σε 3 δόσεις/ημέρα

- 3.5% της βιομάζας χωρισμένο σε 4 δόσεις/ημέρα
- 3.5% της βιομάζας σε μία χορήγηση ανά ημέρα
- 2.5% της βιομάζας χωρισμένο σε 3 δόσεις/ημέρα
- 2.5% της βιομάζας χωρισμένο σε 4 δόσεις/ημέρα
- 2.5% της βιομάζας σε μία χορήγηση ανά ημέρα

Η τροφή που χορηγήθηκε στα ψάρια κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν του εμπορίου και υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (52% ακατέργαστη πρωτεΐνη και 20% ακατέργαστα λιπίδια), ενώ το διαλυμένο οξυγόνο (DO) κυμαινόταν στα $7,5 \pm 0,6$ mg/L, η φωτοπερίοδος ήταν φυσική (9h) και η θερμοκρασία του νερού ήταν $22.1 \pm 1,4$ °C. Επιπλέον εκτιμήθηκαν ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR), ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), ο δείκτης μετατρεψιμότητας των πρωτεϊνών (PER), καθώς και ο συντελεστής κατάστασης ή ευρωστίας (Factor K).

3.2.2.1.2 Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν, τα ψάρια που τράφηκαν 3 φορές/ημέρα έως κορεσμού είχαν σημαντικά υψηλότερη τιμή ανάπτυξης από ό,τι τα ψάρια που τράφηκαν 1 φορά ανά ημέρα έως κορεσμού. Επιπλέον η χορήγηση τροφής σύμφωνα με το 3.5% του σωματικού βάρους των ψαριών παρουσίασε υψηλότερες τιμές από αυτήν με 2.5% του σωματικού βάρους, ανεξαρτήτως του προφίλ των δόσεων της τροφής, ενώ παράλληλα τα προφίλ των 3.5/4 και 3.5/3 είχαν πρόσφεραν παρόμοια ανάπτυξη στα ψάρια σε αντίθεση με το αντίστοιχο 3.5/1. Ο δείκτης K δεν επηρεάστηκε από τις διατροφικές αγωγές, αποκαλύπτοντας ότι δεν υπήρξαν ούτε παραμορφωμένα αλλά ούτε και νηστικά άτομα μαγιάτικου, παρά μόνο μια μείωση στο ρυθμό αύξησης του βάρους λόγω της εκάστοτε εφαρμοσμένης διατροφική θεραπείας.

Δεν παρατηρήθηκε διάβρωση των πτερυγίων ή εξωτερικά σημάδια ασθένειας ή γενικά χαμηλής διαβίωσης, υποδεικνύοντας ότι τα ψάρια είχαν τυπικό σχήμα και μορφολογία ως υγιή άτομα μαγιάτικου. Όσον αφορά τον δείκτη FCR ήταν σημαντικά χαμηλότερος για τα ψάρια που τράφηκαν έως κορεσμού 3 φορές/ημέρα, σε αντίθεση με τα ψάρια που τράφηκαν έως κορεσμού 1 φορά ανά ημέρα, ενώ τα ψάρια που τράφηκαν με 3.5% σωματικού βάρους τους σε τροφή παρουσίασαν μικρότερο δείκτη FCR σε σχέση με τα αντίστοιχα που τράφηκαν με το 2.5% του σωματικού τους βάρους σε τροφή. Επιπλέον τα διατροφικά προφίλ 3.5/4 και 3.5/3 παρουσίασαν παρόμοιο δείκτη FCR σε αντίθεση με το προφίλ 3.5/1. Στην συνέχεια μεγαλύτερο δείκτη PER παρουσίασαν τα ψάρια με την διατροφική στρατηγική S3 σε αντίθεση με την S1, ενώ τα ψάρια που τρέφονταν με το 3.5% της βιομάζας τους σε τροφή, είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές PER από ό,τι τα αντίστοιχα που τρέφονταν με το 2.5%, ανεξαρτήτως της συχνότητας σίτισης. Για άλλη μια φορά τα ψάρια που τράφηκαν με το διατροφικό προφίλ 3.5/4 και 3.5/3 είχαν παρόμοιο δείκτη PER, σε σχέση με το προφίλ 3.5/1.

3.2.2.2 Διατροφή για ιχθύδια 200 g

3.2.2.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Στην συγκεκριμένη δοκιμή 180 ιχθύδια μαγιάτικου κατανεμήθηκαν με τυχαίο τρόπο σε 12 ομογενείς ομάδες των 15 ατόμων/ομάδα και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές με 2 διαφορετικές χωρητικότητες (1 m³ κυλινδρικές και 4 m³ τετράγωνες), με την μεταφορά να πραγματοποιήθηκε στους τελευταίους 2 μήνες του πειράματος. Οι συνθήκες στις οποίες πραγματοποιήθηκε το πείραμα ήταν οι εξής:

- Ανανέωση και αερισμός του νερού, 30 και 70 L/min για την 1^η και 2^η κατηγορία δεξαμενών αντίστοιχα (180% και 100%/h αντίστοιχα)

- Αλατότητα νερού (S) ίση με 37.5 psu
- Φυσική φωτοπερίοδος
- Θερμοκρασία νερού (T), ίση με $18.8 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ (μείωση από 19.4°C σε 18.1°C κατά την διάρκεια του πειράματος)
- Κορεσμός οξυγόνου ίσος με $92,4 \pm 4,8\%$

Τα ιχθύδια τράφηκαν με εμπορική ιχθυοτροφή (52% ακατέργαστη πρωτεΐνη, 20% ακατέργαστο λίπος) καθημερινά *ad libitum*. Η συχνότητα χορήγησης της τροφής χωρίστηκε στις εξής κατηγορίες:

- 1 γεύμα την ημέρα (08:00 h)
- 2 γεύματα την ημέρα (08:00 και 18:30 h)
- 3 γεύματα την ημέρα (08:00, 13:30 και 18:30 h)
- 7 γεύματα την ημέρα (08 : 00, 10:00, 12:00, 13:30, 15:00, 17:00 και 18:30 h)

Επιπλέον όση τροφή δεν καταναλώθηκε και κατέληξε στον πυθμένα της δεξαμενής, συλλέχθηκε ούτως ώστε να καθοριστεί η ημερήσια πρόσληψη τροφής (Food Intake, FI).

3.2.2.2.2 Αποτελέσματα

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) είχε αυξητική κλίση ανάλογη της συχνότητας της σίτισης την 60^η ημέρα, ιδιαίτερα για τις ομάδες με 3 και 7 γεύματα ανά ημέρα, οι οποίες είχαν τις μεγαλύτερες τιμές SGR, ενώ η χαμηλότερη τιμή βρέθηκε στην ομάδα που τρεφόταν με 1 γεύμα/ημέρα μεταξύ των ημερών 60 – 90. Γενικά η ίδια ομάδα για το συνολικό διάστημα του πειράματος 0 - 120 ημερών παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερο SGR, ενώ οι υπόλοιπες ομάδες παρουσίασαν παρόμοιο δείκτη SGR για το ίδιο διάστημα. Επιπροσθέτως τα αποτελέσματα υπέδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ ψαριών,

διαφορετικών στρατηγικών σίτισης στις 120 ημέρες, κυρίως σε κρανιακές, αλλά και σε αρκετές περιοχές του σώματος. Περισσότερο από το 53% της μεταβολής συσχετιζόταν με επιμήκης και εγκάρσιες μετρήσεις του σωματικού βάρους, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό συσχετίστηκε με τις μετρήσεις του μίσχου και των οφθαλμών των ψαριών.

Οι τιμές των αντιοξειδωτικών ενζύμων εξετάστηκαν στην αρχή και στο τέλος του πειράματος (120 ημέρες), πραγματοποιώντας δειγματοληψία σε ήπαρ, μύες, βράγχια και εγκέφαλο ψαριών. Τα αποτελέσματα έδειξαν χαμηλή τιμή στην καταλάση στα ψάρια που τρέφονταν μία φορά την ημέρα σε ήπαρ και στα βράγχια, ενώ υπήρξαν διαφορές μεταξύ των ομάδων σε υπεροξειδάση γλουταθειόνης (GPx) και στην γλουταθειόνη s-τρανσφεράση (GST) σε όλους τους ιστούς. Επιπλέον οι δραστηριότητες του βακτηριοκτόνου και της υπεροξειδάσης ήταν αρκετά χαμηλές στα ψάρια που τρέφονταν 1 φορά/ημέρα, ύστερα από 90 ημέρες και παρόμοια εικόνα φαίνεται και στη δραστηριότητα της πρωτεάσης στο τέλος του πειράματος (120 ημέρες).

Όσον αφορά λοιπόν τα άτομα *S. dumerili* βάρους 200 g, η πιο αποτελεσματική μέθοδος για αυξημένες τιμές SGR και FCR, είναι η χορήγηση τροφής σε 2 με 7 γεύματα/ημέρα. Η απουσία σημαντικών αλλαγών μεταξύ των βιοχημικών και αιματολογικών παραμέτρων, υπέδειξε την ικανότητα των μεγάλων ιχθυδίων μαγιάτικου, να προσαρμοστούν στις διαφορετικές συχνότητες τροφοδοσίας υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες διαβίωσης στην ιχθυοκαλλιέργεια. Παρόλα αυτά η ύπαρξη διαφορών στην ανοσολογική κατάσταση μεταξύ των ψαριών σε διαφορετικές συχνότητες σίτισης, αποτελεί ένδειξη της επίδρασής τους στην υγεία του ψαριού.

3.3.3 Ανάπτυξη κατάλληλων συνθηκών - μεθόδων εκτροφής

Ο καθορισμός εύρους θερμοκρασίας ιδανικό για την εκτροφή του μαγιάτικου, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την επιλογή της πιο αποτελεσματικής τοποθεσίας για την βιομηχανική παραγωγή. Γενικά ως χαμηλά επίπεδα θερμοκρασίας στην Μεσόγειο θάλασσα θεωρείται το εύρος 14 – 17 °C και ως υψηλά το εύρος 26 – 29 °C. Η μελέτη αυτή επιπλέον ασχολήθηκε από την μία με διαφορετικές κλάσεις μεγέθους ατόμων μαγιάτικου και από την άλλη με διαφορετικές πυκνότητες εκτροφής με 2 διαφορετικές κλάσεις μεγέθους.

3.3.3.1 Εύρεση κατάλληλου εύρους θερμοκρασίας (T)

3.3.3.1.1 Ιχθύδια των 25 g

3.3.3.1.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Σε 9 κυλινδρικές δεξαμενές των 500 L κατανεμήθηκαν 225 ιχθύδια μαγιάτικου βάρους 19.5 ± 4.1 g και συνολικού μήκους (TL) $9.8 \pm 0,7$ cm σε πυκνότητα εκτροφής ίση με 25 άτομα/δεξαμενή. Οι θερμοκρασίες που δοκιμάστηκαν στο πείραμα ήταν 17, 22 και 26 °C (εις τριπλούν). Έγινε χρήση συστήματος RAS (Recirculating Aquaculture System) με 3 δεξαμενές που είχαν μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Τα επίπεδα του οξυγόνου σε όλες τις δεξαμενές του πειράματος ήταν περίπου 7.8 mg/L. Όσον αφορά τη διατροφή, τα ψάρια τράφηκαν με εμπορική ιχθυοτροφή 3 φορές/ημέρα έως εμφανή κορεσμό. Στο πλαίσιο της αποτελεσματικότητας του πειράματος, εξετάστηκε τόσο η βιολογική ανταπόκριση των ψαριών στις συνθήκες εκτροφής όσο και σωματομετρικοί δείκτες.

3.3.3.1.1.2 Αποτελέσματα

Τα ιχθύδια που εκτράφηκαν στους 26 °C έδειξαν την μεγαλύτερη αύξηση σωματικού βάρους, διαφοροποιώντας από την αντίστοιχη αύξηση στους 22 °C από τις

60 ημέρες του πειράματος, ενώ τα ψάρια που εκτράφηκαν στους 17 °C παρουσίασαν την χαμηλότερη αύξηση για την δοκιμή, διαφοροποιώντας την από τις υπόλοιπες θεραπείες από τις 30 ημέρες του πειράματος.

Η αυξημένη θερμοκρασία φαίνεται να οδήγησε σε επίμηκες σχήμα σώματος του ψαριού (ιδιαίτέρως του κεφαλιού) με διαφοροποιημένες τιμές για τα ψάρια που είχαν εκτραφεί σε θερμοκρασίες 17 °C και 26 °C. Από την άλλη μεριά τα άτομα που εκτράφηκαν στους 26 °C παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στην ικανότητα κολύμβησης σε σχέση με τα υπόλοιπα 2 θερμοκρασιακά επίπεδα, ενώ τα ψάρια στους 17 °C και 22 °C έδειξαν παρόμοια επίδοση. Αυτό συνέβη, διότι η απόδοση της ουραίας πρόωσης διέφερε μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων θερμοκρασίας, με την υψηλότερη τιμή να αποδίδεται σε αυτήν με την υψηλότερη θερμοκρασία εκτροφής 26 °C. Τα αποτελέσματα για τον δείκτη FCR παρουσίασαν διαφοροποίηση από τον πρώτο κιόλας μήνα με τα ψάρια στους 17°C να παρουσιάζουν υψηλότερο FCR από ό,τι τα ψάρια στους 22°C και 26°C. Εν συνεχεία στις 60 ημέρες το FCR των 17°C αυξήθηκε σε σχέση με τις υπόλοιπες 2 θερμοκρασίες, ενώ στις 120 ημέρες το FCR των 26°C είχε την χαμηλότερη τιμή σε σχέση με τις θερμοκρασίες 17°C και 22°C. Εν τέλει ως χαμηλότερο δείκτη FCR στο συγκεκριμένο πείραμα το σημείωσαν τα ψάρια που εκτράφηκαν στους 26°C, ο οποίος ήταν $FCR < 1$.

3.3.3.1.2 Εκτροφή ατόμων 350 g

3.3.3.1.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Στην παρούσα δοκιμή που διήρκησε για 98 ημέρες, έγινε χρήση ατόμων μέσου βάρους $325,6 \pm 24,2$ g. Συνολικά 108 άτομα μαγιάτικου, κατανεμήθηκαν σε 9 εσωτερικές κυκλικές δεξαμενές 500 L, με κλειστό σύστημα ανακυκλοφορίας (RAS), με πυκνότητα

εκτροφής 12 άτομα/δεξαμενή και ως αρχική θερμοκρασία 15°C (θερμοκρασία περιβάλλοντος). Την επόμενη εβδομάδα η θερμοκρασία ρυθμίστηκε σύμφωνα με τις τιμές που θα πραγματοποιούνταν το πείραμα (εις τριπλούν): 16°C (Ομάδα Α), 21°C (Ομάδα Β) και 26°C (Ομάδα Γ). Οι ομάδες αυτές τράφηκαν με τυπική εμπορική ιχθυοτροφή, έως εμφανή κορεσμό, 2 φορές/ημέρα (09.30 h και 12.30 h). Καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμής τα ψάρια υποβλήθηκαν 3 φορές σε δειγματοληψία για αιματολογικές εξετάσεις και μέτρηση ανάπτυξης.

3.3.3.1.2.2 Αποτελέσματα

Η μεγαλύτερη ανάπτυξη σημειώθηκε στην ομάδα των ψαριών που εκτράφηκαν στους 21°C, τα οποία απέκτησαν κατά μέσο όρο 161.5 g στην διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον η ίδια ομάδα (ομάδα Β) σημείωσε και τη χαμηλότερη τιμή στο δείκτη FCR σε σχέση με τις ομάδες Α και Γ. Υπήρξε χαμηλή μεταβλητότητα εντός της ομάδας, ωστόσο δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ίδιων δεξαμενών. Στην δοκιμή αυτή αποδείχτηκε ότι η εκτροφή στους 26°C για μεγαλύτερα άτομα μαγιάτικου, μπορεί να αποδώσει υψηλή αστάθεια στα αποτελέσματα, περιλαμβάνοντας σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης (75.0 ± 14.4 %), σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες, καθώς και μεγαλύτερη χρονική περίοδο εγκλιμάτισης. Παρόλο που εμφανίζει αντισταθμιστική ανάπτυξη τον τελευταίο μήνα του πειράματος, ο υψηλός δείκτης διακύμανσης του σωματικού βάρους της ομάδας Γ υπέδειξε σημαντικά υψηλότερη ανομοιογένεια σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Η τελική ανάπτυξη των ψαριών που ξεκίνησαν από $325,6 \pm 24,2$ g σωματικού βάρους, ήταν 395.1 ± 67.7 g, 483.7 ± 64.3 g και 441.7 ± 95.6 g για τις ομάδες Α, Β και Γ αντιστοίχως.

Παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στις βιοχημικές παραμέτρους των ψαριών. Η κορτιζόλη εμφάνισε υψηλή ατομική μεταβλητότητα, υποδεικνύοντας την ύπαρξη ατόμων με χαμηλή (LR) και υψηλή ανταπόκριση (HR) κορτιζόλης. Από την άλλη πλευρά η διαφορετικές τιμές της θερμοκρασίας δεν είχαν επίδραση στην λακτόζη, αλλά τα επίπεδα της γλυκόζης αυξήθηκαν ανάλογα με την θερμοκρασία και την χρονική στιγμή της δειγματοληψίας, σε όλες τις ομάδες των ψαριών. Τέλος τα επίπεδα τριγλυκεριδίων παρουσίασαν σταδιακή μείωση στην διάρκεια του πειράματος, όπου την μικρότερη τιμή την παρουσίασε η ομάδα Γ.

3.3.3.1.2.3 Επιπλέον πείραμα

Στο πλαίσιο του να αποσαφηνιστούν οι διαφορές στην ανάπτυξη των ψαριών ανάλογα με την θερμοκρασία εκτροφής, πραγματοποιήθηκαν 2 επιπλέον δοκιμές με ιχθύδια με σωματικό βάρος από 200 g έως περίπου 600 g. Έγινε χρήση 6 ημίκλειστων δεξαμενών των 10000 L, με σύστημα RAS στις εγκαταστάσεις του FCPCΤ. Στην 1^η δοκιμή 160 άτομα μαγιάτικου με σωματικό βάρος 203.18 ± 20.70 g τοποθετήθηκαν σε 2 πειραματικές θερμοκρασίες, 23°C και 26°C (με τρεις επαναλήψεις), για χρονικό διάστημα ίσο με 105 ημέρες, ενώ στην 2^η δοκιμή τα ψάρια κυμαίνονταν στα 450 - 550 g σωματικού βάρους και τοποθετήθηκαν στους 20°C και 23°C. Η διατροφή των ψαριών και στις 2 δοκιμές βασιζόταν στην χορήγηση, με το χέρι, τυποποιημένης εμπορικής τροφής με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (51% πρωτεΐνες, 20% λιπίδια), 2 φορές/ημέρα (08:30 και 14:30), με ημέρα ασιτείας την Κυριακή. Η επίδραση της διατροφής των ψαριών στην απόκριση της θερμοκρασίας των ψαριών, ελέγχθηκαν κατά την διάρκεια του τελευταίου σταδίου της 1^η δοκιμής όπου πραγματοποιήθηκε αλλαγή της τροφής σε χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (40% πρωτεΐνες, 20% λιπίδια).

Δεδομένου ότι υπήρχε παρόμοια πρόσληψη τροφής μεταξύ των δεξαμενών (1.43 %/d), σημειώθηκε σημαντική αύξηση βάρους και μήκους στις δεξαμενές με θερμοκρασία εκτροφής 23°C, ύστερα από 43 ημέρες. Επιπροσθέτως οι δεξαμενές των 23°C σε σχέση με τις αντίστοιχες δεξαμενές των 26°C, κατείχαν τις υψηλότερες τιμές σε SGR ($1.24 \pm 0.15\%/d$) και FCR (1.30 ± 0.21). Τα ποσοστά επιβίωσης βρέθηκαν να ήταν σε υψηλά ποσοστά (95%), χωρίς να έχουν επηρεαστεί από τις διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής. Όταν η τροφή αντικαταστάθηκε με την αντίστοιχη με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, παρατηρήθηκαν παρόμοιες, στατιστικά, υψηλές τιμές πρόσληψης τροφής (1.60) και στις 2 θερμοκρασίες. Σε αυτήν την περίπτωση στην ομάδα με θερμοκρασία εκτροφής 26°C, σημειώθηκαν σχετικά βελτιωμένες τιμές σε FCR (1.39) και PER (1.47), σε σχέση με την ομάδα των 23°C (FCR = 1.73, PER = 1.23). Πρέπει να σημειωθεί η παρουσία παρασίτων στην ομάδα των 26°C κυρίως κοντά στο τέλος της δοκιμής. Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπίδια για τα ψάρια που εκτράφηκαν στους 26°C σε ολόκληρο το ψάρι ή στο φιλέτο, το οποίο επιβεβαιώθηκε με την υψηλή τιμή VSI στα συγκεκριμένα ψάρια. Επιπλέον η θερμοκρασία των 26°C, πρόσφερε μικρότερη σύνθεση ω-3 και ω-6 υψηλών ακόρεστων λιπαρών οξέων (HUFA) και καλύτερη αναλογία σε n3/n6 στα ψάρια με θερμοκρασία 23°C. Οι τιμές αυτές μπορούν να εξηγηθούν με το γεγονός ότι τα ψάρια των 26°C είχαν αυξημένο το φαινόμενο της λιπογένεσης, ενώ τα ψάρια των 23°C μπορεί να ανταποκρίνονταν σε μια υψηλότερη απαίτηση σε φωσφολιπίδια που προορίζονταν για την κατασκευή κυττάρων σε υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης. Τέλος η μέτρηση χρώματος, η οποία διεξήχθη στο δέρμα και στο φιλέτο των ψαριών του πρώτου πειράματος, έδειξε υψηλότερες τιμές στα ψάρια των 26°C από ό,τι τα ψάρια των 23°C, υποδεικνύοντας ότι η αυξημένη θερμοκρασία εκτροφής προάγει τα άχρωμα ψάρια.

Στην 2^η δοκιμή παρόλο που δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις θερμοκρασίες που εξετάστηκαν, τα ψάρια παρουσίασαν ορισμένες βελτιωμένες αποκρίσεις ανάπτυξης στους 20°C με χαμηλότερη πρόσληψη τροφής. Επιπλέον τα ψάρια με σωματικό βάρος άνω των 500 g η πρόσληψη τροφής μειώθηκε, με 0.84 και 0.69 για 23°C και 20°C αντίστοιχα, ενώ τα ψάρια με θερμοκρασία εκτροφής 20°C είχαν χαμηλότερη τιμή FCR (0.95) από αυτήν των ψαριών στους 23°C (1.36).

Συμπερασματικά δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές, στατιστικώς, διαφορές μεταξύ διαφορετικών θερμοκρασιών εκτροφής (20°C και 23°C), στην ανάπτυξη και αύξηση των ψαριών, σωματικού βάρους 200 – 550 g. Ωστόσο φαίνεται ότι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες συμβάλλουν έστω και σε μικρό ποσοστό τα μεγαλύτερα άτομα μαγιάτικου, με χαμηλότερα αποτελέσματα στους 26°C και τα καλύτερα αποτελέσματα στους 20 – 23°C.

3.3.3.2 Πυκνότητα εκτροφής

Για να διερευνηθεί η επίδραση της πυκνότητας εκτροφής στην ανάπτυξη των ατόμων μαγιάτικου, έλαβαν χώρα 2 πειράματα. Το 1^ο πείραμα εξέτασε την επίδραση από 3 διαφορετικές πυκνότητες εκτροφής (0.2, 0.3 και 0.5 kg/m³), σε 9 ομάδες ψαριών (εις τριπλούν), με σωματικό βάρος τα 27.0 ± 8.3 g, σε δεξαμενές χωρητικότητας 500 L. Στο 2^ο πείραμα εξετάστηκαν 4 διαφορετικές πυκνότητες (1.3, 1.7, 2.4 και 3.2 kg/m³) εκτροφής (εις τριπλούν), με την χρήση ατόμων μαγιάτικου, βάρους 150-200g, τοποθετώντας τα ψάρια σε δεξαμενές των 4000 L για το χρονικό διάστημα 4 μηνών.

Στο 1^ο πείραμα οι αρχικές πυκνότητες εκτροφής, στο τέλος του πειράματος είχαν αυξηθεί κατά 3.5, 5.5 και 7.0 kg/m³ αντίστοιχα. Ο δείκτης SGR είχε αντιστρόφως ανάλογη σχέση με την αύξηση της πυκνότητας εκτροφής, με την χαμηλότερη τιμή SGR

να παρατηρήθηκε στην υψηλή πυκνότητα εκτροφής (HD, 3.2 kg/m³). Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι, ανάλογα με τον μήνα και με την πυκνότητα εκτροφής επηρεαζόταν η πρόσληψη τροφής, η οποία σε HD και στους 2 πρώτους μήνες είχε την χαμηλότερη τιμή σε σχέση με τις υπόλοιπες πυκνότητες εκτροφής που εξετάζονταν.

Στο 2^ο πείραμα οι πυκνότητες εκτροφής αυξήθηκαν, τελικώς, κατά 1.0, 1.2, 1.6 και 3.6 kg/m³ για τις προαναφερόμενες πυκνότητες εκτροφής αντίστοιχα. Συγκεκριμένα η πυκνότητα εκτροφής HD (3.2 kg/m³) για το χρονικό διάστημα 0 – 90 ημερών παρουσίασε αυξημένες τιμές του δείκτη SGR, παρόλο που στο επόμενο διάστημα 90 – 120 μειώθηκε σημαντικά.

4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΕΙΑΣ

Το μαγιάτικο ως νέο υποψήφιο είδος προς ιχθυοκαλλιέργεια, μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη της οικονομίας αλλά φέρει ορισμένους υγειονομικούς κινδύνους. Ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια που αναφέρθηκαν είναι η έλλειψη πληροφοριών για τους παθογόνους παράγοντες που μπορούν να προκύψουν και να φέρουν σοβαρές επιπτώσεις στην εκτροφή του μαγιάτικου. Αναφορικά οι σημαντικότερες μέχρι τώρα παθήσεις στις οποίες είναι επιρρεπές το μαγιάτικο είναι η επιθηλιοκύστη και η δονακίωση (vibriosis), ενώ μπορεί να υποστεί σημαντική ζημιά από παράσιτα όπως το *Zeuxapta seriolae* και *Neobenedenia girallae*.

4.1 Επιθηλιοκύστη

Η επιθηλιοκύστη είναι μία σοβαρά μεταδιδόμενη νόσος, η οποία μπορεί να προκαλέσει υψηλές θνησιμότητες στον πληθυσμό που εκτρέφεται εάν δεν διαχειρισθεί καταλλήλως, ενώ έχει εύκολη πρόσβαση στο είδος αφού μπορεί να το μολύνει είτε στα αρχικά στάδια της εκτροφής, είτε αργότερα στην πάχυνση (Nowak and LaPatra 2006). Αυτή η νόσος ταυτοποιείται με την ύπαρξη κύστεων στην περιοχή των βραγχιακών επιθηλίων, προκαλώντας συμπίεση των lamella, οδηγώντας σε αναπνευστικές επιπλοκές του ψαριού, με τελικό αποτέλεσμα το θάνατό του (Εικ. 6).



Εικόνα 6 Οι επιπτώσεις της επιθηλιοκύστης στα βράγχια των ψαριών (Πηγή: Καθάρης 2018)

Έρευνες έχουν υποδείξει ότι το φάσμα των βακτηρίων που μπορούν να προκαλέσουν την νόσο αυτή είναι σαφώς μεγαλύτερο από ό,τι υποστηριζόταν προηγουμένως, με ορισμένα είδη να προέρχονται από τα Β-/Γ- πρωτεοβακτήρια (Katharios et al. 2008; Katharios et al. 2015; Seth-Smith et al. 2016; Seth-Smith et al. 2017). Στις θάλασσες της Ελλάδας το κύριο παθογόνο που προκαλεί τη νόσο, φαίνεται να είναι ένα νέο είδος του γένους *Ca. Ichthyocystis*. Παρόλο που η θνησιμότητα που προκαλεί η επιθηλιοκύστη δεν είναι υψηλή (4 – 5%), μπορεί να αυξηθεί εάν μολύνουν το άτομο μαγιάτικου επιπλέον παθογόνοι οργανισμοί (π.χ. *Vibriosis*). Σαν εργαλείο έρευνας για την περαιτέρω κατανόηση του φαινομένου αυτού αποτέλεσε η PCR (με χρήση probes), ενώ ως μέτρο αντιμετώπισης συστήνεται η στενή παρακολούθηση των μολυσμένων ατόμων και η ειδική μεταχείρισή τους, ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες μετάδοσης.

4.2 Δονακίωση

Η νόσος της δονακίωσης αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες βακτηριακές ασθένειες, που προσβάλλει μεγάλο μέρος ψαριών τόσο γλυκού όσο και αλμυρού νερού. Προκαλείται από το βακτήριο *Vibrio harveyi*, ένα Gram-αρνητικό βακτήριο το οποίο δύσκολα ανιχνεύεται εάν βασιστεί η διερεύνηση μόνο στο βιοχημικό του προφίλ. Το *V. harveyi* είναι το μοναδικό είδος του συγκεκριμένου γένους που επηρεάζει το μαγιάτικο (Castillo et al. 2015), καθώς επίσης προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις και σε εκτρεφόμενους πληθυσμούς γαρίδας (luminous vibriosis). Το βακτήριο αυτό μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες του 23 – 25°C. Τα συμπτώματα της δονακίωσης περιλαμβάνουν βακτηριακή σηψαιμία και εξωτερικές αιμορραγίες κυρίως

σε ουρά, έδρα και πίσω από το βραγχιόκαλυμμα (**Εικ. 7**). Η δονακίωση εάν δεν την διαχειριστεί σωστά ο εκάστοτε εκτροφέας, μπορεί να προκαλέσει έως και 40% θνησιμότητα. Ως μέτρο αντιμετώπισης τα αντιβιοτικά, είναι δυνητικά χρήσιμα στην καταπολέμηση της νόσου, ωστόσο το *V. harveyi* μπορεί να αναπτύξει ανοχή στα αντιβιοτικά, οπότε συνιστάται η προσεχτική επιλογή του κατάλληλου αντιβιοτικού.



Εικόνα 7 Οι επιπτώσεις της δονακίωσης στο ψάρι (Πηγή: Καθάριος, 2018)

4.3 *Zeuxapta seriolae*

Το μονογενές παράσιτο *Z. seriolae* αποτελεί την μεγαλύτερη έως τώρα παρασιτική απειλή για το εκτρεφόμενο άτομο μαγιάτικου, ενώ όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο οι πιθανότητες εμφάνισής του κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αυξάνονται εκθετικά. Το συγκεκριμένο παράσιτο είναι κατηγορίας «host – specific», δηλαδή επηρεάζει επιτυχώς μόνο το συγκεκριμένο είδος ψαριού, μπορεί να ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του σε 20 – 25 ημέρες εάν η θερμοκρασία του νερού είναι $T \geq 22^{\circ}\text{C}$. Συμπτώματα αυτού του παράσιτου αποτελούν η ληθαργική και ανορεξική συμπεριφορά των ψαριών και ιστολογικά η υπερπλασία και η φλεγμονώδη αντίδραση, οδηγώντας τελικώς σε βραγχιακή αναιμία (**Εικ. 8**). Τα ποσοστά θνησιμότητα μπορούν να φτάσουν έως και 100% εάν δεν δεχθούν σύντομη και κατάλληλη μεταχείριση. Μέτρο αντιμετώπισης αποτελούν τα λουτρά σε υπεροξειδίο του υδρογόνου με περιεκτικότητα

75 ppm για 30 λεπτά. Εάν χρειαστεί να επαναληφθεί η αγωγή, συνιστάται να πραγματοποιείται ανά 2 εβδομάδες. Παρόλο που η χρήση του υπεροξειδίου του υδρογόνου είναι αποτελεσματική για την αντιμετώπιση της παρασιτικής αυτής νόσου,



Εικόνα 8 Το είδος *Z. seriolae* και η εγκατάστασή του ως παράσιτο στα βράγχια του μαγιάτικου (Πηγή: digfish.com και Καθάριος 2018).

είναι σημαντικά τοξική αγωγή, καθιστώντας την προσεχτική χρήση της απαραίτητη, ώστε να μην προκληθούν περαιτέρω προβλήματα στα ψάρια. Ως μέτρο πρόληψης θεωρείται ο καλός καθαρισμός των διχτυών που χρησιμοποιούνται, αφού αποτελούν το ιδανικό υπόστρωμα για την εγκατάσταση των αυγών του παράσιτου. Επιπλέον εάν μετά τη θεραπευτική αγωγή εμφανιστούν στην περιοχή της ιχθυοκαλλιέργειας άγρια άτομα μαγιάτικου, υπάρχει περίπτωση επαναμόλυνσης του εκτρεφόμενου πληθυσμού, το οποίο μπορεί να αποφευχθεί εάν γίνεται μηνιαίως έλεγχος των βραγχιών.

4.4 *Neobenedeniagirellae*

Το *N. girellae* είναι ένα καψοειδές μονογενές παράσιτο, το οποίο εγκαθίσταται στο δέρμα των ψαριών, προκαλώντας ζημιές στην επιδερμίδα και έλκος, καθώς και καθιστά τον ξενιστή επιρρεπή σε δευτερεύουσες μολύνσεις (Hirazawa et al. 2010) (Εικ. 9). Τρόπος πρόληψης αυτής της νόσου αποτελεί η χορήγηση, μέσω της τροφής, MOS και cMOS, οι οποίοι λειτουργούν ως ανοσοδιεγερτητές, με αποτέλεσμα όχι μόνο την σημαντικά μειωμένη περίπτωση μόλυνσης από το συγκεκριμένο παράσιτο, αλλά και την μόλυνση από επιπλέον παράσιτα, χάρις στην αναπτυγμένη ανοσολογική απόκριση του ψαριού.



Εικόνα 9 Το παράσιτο *N. girellae* εγκαθίσταται στην επιδερμίδα του ξενιστή (Πηγή: fishparasite.fs.a.u-tokyo.ac.jp)

4.5 Τρόποι – Μέθοδοι πρόληψης ασθενειών

Τα εκτρεφόμενα ψάρια που βρίσκονται στο στάδιο της πάχυνσης, είναι υπό συνεχή κίνδυνο από ποικίλους παθογόνους μικροοργανισμούς. Για αυτόν τον λόγο, εξετάστηκαν τρόποι, ώστε να ενισχυθεί το βλεννογόνο ανοσοποιητικό σύστημα του οποίου κύριες περιοχές άμυνας σε ξένους μικροοργανισμούς, αποτελούν: τα βράγχια, το δέρμα και το

έντερο. Παρατηρήθηκε πως η αντιμικροβιακή δράση της λυσοζύμης ήταν σε μεγαλύτερα επίπεδα στους 26°C σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες εκτροφής 22°C και 16°C. Επιπλέον η υψηλή πυκνότητα εκτροφής και το αυξημένο στρες κατά την μεταχείρισή τους, υποβαθμίζουν την ευζωία των εκτρεφόμενων οργανισμών.

5. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΓΕΝΕΤΙΚΗ

5.1 Ανάπτυξη ενός βελτιστοποιημένου πρωτοκόλλου πρόκλησης ωοτοκίας σε άτομα μαγιάτικου σε συνθήκες αιχμαλωσίας στη Μεσόγειο

Ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας ήταν η μελέτη των δύο μεθόδων πρόκλησης ωοτοκίας με την χρήση της εκλυτικής ορμόνης της γοναδοτροπίνης (GnRHα), είτε με την μορφή εμφυτευμάτων τύπου EVAc (σταθερή-σταδιακή απελευθέρωση της ουσίας στην κυκλοφορία του αίματος), είτε με εγχύσεις (άμεση απελευθέρωση της ουσίας στο κυκλοφορικό σύστημα), ελέγχοντας παραμέτρους όπως κινητική ωοτοκίας, παραγωγή και ποιότητα αυγών.

5.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Χρησιμοποιήθηκαν 28 γεννήτορες, οι οποίοι αλιεύθηκαν το 2014 και συντηρήθηκαν σε κλωβούς χωρητικότητας 1000 m^3 , στην περιοχή του Αστακού (Δυτική Ελλάδα), 300 μέτρα μακριά από τις εγκαταστάσεις της ιχθυοκαλλιέργειας. Η αναλογία των θηλυκών προς τα αρσενικά ήταν 1:1, δηλαδή 14 θηλυκά με μέσο βάρος $18.8 \pm 2.1\text{ kg}$ και 14 αρσενικά με $15.1 \pm 3.0\text{ kg}$ ως μέσο βάρος. Τα ψάρια τρεφόντουσαν έως κορεσμού για 6 μέρες την εβδομάδα. Για την περίοδο πρόκλησης της τεχνητά η ωοτοκία, τα ψάρια είχαν μεταφερθεί σε εγκαταστάσεις στην στεριά, σε στρογγυλές δεξαμενές των 23 m^3 , διατηρώντας την αναλογία φύλου 1:1. Οι εγχύσεις που χορηγήθηκαν στα θηλυκά άτομα είχαν 20-25 $\mu\text{g GnRH}\alpha / \text{kg}$, με την κάθε μία σαν πραγματοποιείται σε εβδομαδιαία βάση για 3 εβδομάδες, ενώ τα εμφυτεύματα περιείχαν 750-1000 μg ώστε η ενεργός δράση να κυμαίνεται στα 49 - 69 $\mu\text{g GnRH}\alpha/\text{kg}$, με σύνολο 2 εμφυτεύματα, το καθένα ανά 3 εβδομάδες.

5.1.2 Αποτελέσματα

Τα εμφυτευμένα ψάρια πραγματοποίησαν ωοτοκία 9-10 φορές με το 1^ο εμφύτευμα και μόνο 4 φορές ύστερα από το 2^ο εμφύτευμα. Ωστόσο τα ψάρια που δέχθηκαν την ορμόνη μέσω ενέσεων είχαν ωοτοκία 7 φορές με το 1^ο εμβόλιο, 3-5 φορές με το 2^ο και 1-3 φορές με το 3^ο. Η μέση καθημερινή σχετική γονιμότητα στα εμφυτευμένα ψάρια ήταν υψηλότερη ($15,570 \pm 2,738$ eggs/kg/day) από την αντίστοιχη για τα ψάρια που δέχθηκαν την ορμόνη με εγχύσεις ($6,119 \pm 2,790$ eggs/kg/day), αλλά και η συνολική σχετική γονιμότητα ήταν υψηλότερη $102,402 \pm 20,337$ eggs/kg/tank και $26,517 \pm 9,338$ eggs/kg/tank αντίστοιχα. Η συνολική παραγωγή αυγών των ενέσιμων ψαριών μειωνόταν με την συνεχή αγωγή GnRHα, ενώ στα εμφυτευμένα ψάρια δεν υπήρξε κάποιου είδους στατιστική διαφορά ($P = 0.17$). Τα ποσοστά επιτυχίας της γονιμότητας, 24ωρης εμβρυικής επιβίωσης, εκκόλαψης και 5ήμερης προνυμφικής επιβίωσης, φέρουν παρόμοια αποτελέσματα μεταξύ των 2 μεθόδων, ενώ δεν υπήρχε κάποια σημαντική στατιστική διαφορά που να αφορά τον αριθμό χορήγησης της αγωγής και στις δυο μεθόδους.

Η χρήση των εμφυτευμάτων ή εγχύσεων με GnRHα αποτελούν αξιόπιστες μέθοδοι, ώστε το μαγιάτικο να είναι ικανό να παράγει γονιμοποιημένα αυγά σε πολλαπλές ωοτοκίες, αγνοώντας τις αναπαραγωγικές δυσλειτουργίες που υπήρξαν στην πρόκληση ωοτοκίας των αιχμαλωτισμένων ατόμων. Από την άλλη η χρήση των εμφυτευμάτων GnRHα έφερε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη ποσότητα και καλής ποιότητας αυγά, σε σχέση με τις ενέσεις GnRHα, συμπεραίνοντας ότι είναι εφικτό να έχουμε μεγαλύτερη ποσότητα αυγών για εκτροφή με λιγότερες μεταχειρίσεις των ψαριών. Είναι ένα σημαντικό βήμα προς την βέλτιστη αναπαραγωγή του είδους, διότι δεν έχει αναφερθεί ποτέ μέχρι τώρα

στην Μεσόγειο, κάποια αξιόπιστη αυθόρμητη αναπαραγωγή ατόμων μαγιάτικου, που να συντηρούνται σε χερσαίες εγκαταστάσεις.

5.2 Διαμόρφωση ενός βέλτιστου πρωτοκόλλου πρόκλησης ωτοκίας μαγιάτικου σε συνθήκες αιχμαλωσίας στον Ανατολικό Ατλαντικό

5.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Ο κύριος στόχος ήταν να εξεταστεί η δυνατότητα του μεγαλωμένου σε αιχμαλωσία μαγιάτικου να έχει φυσικές ωτοκίες και να συγκριθούν η ποιότητα των αυγών που παράχθηκαν με τα αντίστοιχα που παράχθηκαν με την χορήγηση της GnRHα, χορηγημένη είτε με ενέσεις ή με εμφυτεύματα. 22 γεννήτορες το είδους *S. dumerili*, με μέσο βάρος για τα θηλυκά να είναι $8,27 \pm kg$ και για τα αρσενικά να είναι $8,12 \pm 1,82 kg$, συντηρήθηκαν σε κατάλληλες εγκαταστάσεις στο ULPGC. Κατανεμήθηκαν με συγκεκριμένο τρόπο σε 3 κυκλικές δεξαμενές $40 m^3$ ($5m * 2.35m$):

- Δεξαμενή 1^η : Τοποθετήθηκαν 2 θηλυκά και 5 αρσενικά, χωρίς κάποια ορμονική αγωγή ως δεξαμενή ελέγχου.

- Δεξαμενή 2^η : 3 θηλυκά και 3 αρσενικά τα οποία δέχτηκαν αγωγή GnRHα μέσω ενέσεων με δόση στα 20mg/kg του σωματικού βάρους. Η αγωγή πραγματοποιούνταν 2 φορές/εβδομάδα μεταβάλλοντας τους γεννήτορες (1 θηλυκό & 1 αρσενικό).

- Δεξαμενή 3^η : 3 θηλυκά & 3 αρσενικά τα οποία δέχτηκαν αγωγή GnRHα σε μορφή εμφυτευμάτων που περιείχαν δόση 500 mg/kg σωματικού βάρους.

5.2.2 Αποτελέσματα

Έρευνες έδειξαν ότι οι συνθήκες που αφορούν την φωτοπερίοδο και την θερμοκρασία του νερού οι οποίες επικρατούν στα Κανάρια Νησιά , συμβάλλουν στην

φυσική ωοτοκία από άγρια αλιευμένα άτομα μαγιάτικου, εφόσον αυτά τα άτομα έχουν συντηρηθεί σε δεξαμενές 40 m³ (Jerez et al. 2006). Η ποσότητα και η ποιότητα των αυγών και των προνυμφών που προέκυψαν από τις φυσικές ωοτοκίες, ήταν καλύτερες από τις αντίστοιχες που επιτεύχθηκαν με την χορήγηση GnRHα, ενώ συγκεκριμένα οι εγχύσεις GnRHα παρείχαν μεγαλύτερη γονιμότητα στα ψάρια από ό,τι τα αντίστοιχα εμφυτεύματα, κάνοντάς τα κατάλληλα προς χρήση στις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

5.3 Η ανάπτυξη ενός βελτιστοποιημένου πρωτοκόλλου πρόκλησης ωοτοκίας για μαγιάτικα γενιάς F1 στον ανατολικό Ατλαντικό

Εξετάσθηκε η αναπαραγωγική ικανότητα της 1^η γενιάς μαγιάτικων που γεννήθηκαν σε εκτροφείο καθώς και η δυνατότητα χρήσης ελεγχόμενης σταθερής ροής GnRHα (εμφυτεύματα), ώστε να υπάρξει ωρίμανση ωαρίων, σπερματοζωαρίων, καθώς και η ωοτοκία γονιμοποιημένων αυγών ώστε να ελεγχθεί η κινητική ωοτοκία και η ποιότητα των γαμετών.

5.3.1 Υλικά και Μέθοδοι

Η ομάδα των γεννητόρων αποτελούνταν από 14 άτομα πρώτης γενιάς (F1) μαγιάτικου. Η συντήρηση των ψαριών διήρκησε για ένα χρόνο μέσα σε 2 εξωτερικές καλυμμένες δεξαμενές των 50 m³, με καλή ροή νερού (10 αλλαγές νερού/μέρα), με τις παραμέτρους της φωτοπερίοδου και της θερμοκρασία να είναι ανάλογες του περιβάλλοντος. Ύστερα από μια αγωγή GnRHα και για το υπόλοιπο της μελέτης τα ψάρια τοποθετήθηκαν σε μία δεξαμενή τύπου «raceway» των 500 m³, με συνεχόμενη παροχή νερού (6 αλλαγές νερού/μέρα) με φυσική φωτοπερίοδο. Κατά τις δειγματοληψίες Μαΐου,

Ιουνίου και Ιουλίου πραγματοποιήθηκε η αγωγή με την χρήση εμφυτεύματος EVAc GnRHa (Zohar & Mylonas 2001). Για την αξιολόγηση του πειράματος εξετάστηκαν ποιοτικοί και ποσοτικοί παράμετροι του σπέρματος, οι οποίοι ήταν:

- Η πυκνότητα σπέρματος (αριθμός σπερματοζωαρίων/ml σπέρματος)
- Το αρχικό ποσοστό των σπερματοζωαρίων που δείχνουν πρόωρη κινητικότητα αμέσως μετά την ενεργοποίηση (Κινητικότητα σπέρματος, %)
- Η διάρκεια της πρόωρης κινητικότητας του σπέρματος $\geq 5\%$ των σπερματοζωαρίων στο οπτικό πεδίο (διάρκεια κινητικότητας, min)
- Επιβίωση σπέρματος κατά την διάρκεια αποθήκευσης σε 4 °C

5.3.2 Αποτελέσματα

Η έρευνα έδειξε ότι οι γεννήτορες, ύστερα από πολλαπλές χορηγήσεις GnRHa με ελεγχόμενη σταθερή ροή, παρουσίασαν φυσιολογική γαμετογένεση η οποία οδήγησε σε ωρίμανση, ωορρηξία και έπειτα ωοτοκία για ένα χρονικό διάστημα μεταξύ Μαΐου και Σεπτεμβρίου στα Κανάρια Νησιά της Ισπανίας.

Τα αρσενικά άτομα δεν παρουσίασαν καμία σημαντική διαφορά στις ποιοτικές παραμέτρους του σπέρματος σε σχέση με τα άγρια άτομα που είχαν πιαστεί και τους είχε χορηγηθεί GnRHa (Mylonas et al. 2004), καθιστώντας τα πρώτα εξίσου γόνιμα με τα άγρια. Όσον αφορά την πυκνότητα του σπέρματος, είχε ανοδική πορεία στα αρσενικά της πρώτης γενιάς, αν και παρέμεινε σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τα άγρια άτομα που τους χορηγήθηκαν GnRHa εμφυτεύματα, μένοντας παρόλα αυτά στο ίδιο εύρος με τα αρσενικά που δεν τους έγινε κάποιου είδους χορήγηση.

Η αναπαραγωγική μέθοδος που αναπτύχθηκε συμβάλλει σημαντικά στην πρόοδο του ελέγχου της αναπαραγωγής άρα στην εκτροφή του μαγιάτικου.

6. ΑΓΟΡΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΓΙΑΤΙΚΟ

Για να εκτιμηθούν τα ποσοστά αποδοχής του *S. dumerili* ως είδος εκτροφής, το πρόγραμμα DIVERSIFY πραγματοποίησε μία κοινωνικο-οικονομική έρευνα σε πέντε χώρες με σημαντικές αγορές πώλησης ψαριών (Γαλλία, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία και Ιταλία). Αρχικά πωλητές λιανικής θεώρησαν ότι αποτελεί δύσκολο εγχείρημα η ένταξη νέων ειδών εκτροφής, τα οποία θεωρούν ότι η ποιότητά τους είναι βέλτιστη όταν είναι αλιευμένα (άγρια ψάρια) και όχι εκτρεφόμενα. Αντιθέτως οι βιομηχανίες θεώρησαν ότι θα μπορούσε να υπάρξει αποδοχή των συγκεκριμένων ειδών εκτροφής από την αγορά, διότι μπορούν να αποτελέσουν μια πιο ποιοτική και οικονομικότερη λύση για την κατανάλωση ψαριών, με τις ήδη υπάρχουσες επιλογές. Εν συνεχεία σε συνεργασία με καταναλωτές διαμορφώθηκαν 12 διαφορετικά προϊόντα για την αγορά εκ των οποίων 3 βασίστηκαν στο μαγιάτικο (φρέσκο φιλέτο μαγιάτικου για τη σχάρα, φρέσκο φιλέτο μαριναρισμένο και με καρυκεύματα και έτοιμο παρασκευασμένο ταρτάρ με σάλτσα σόγιας. Η έρευνα βασίστηκε στην εξέταση αισθητηριακών, συνθετικών, οργανικών παραμέτρων, της υφής αλλά και σωματικών ιδιοτήτων των προϊόντων. Πρέπει να αναφερθεί πως η περιεκτικότητα σε λίπος και η σκληρότητα αποτέλεσαν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των συνθετικών παραμέτρων και της υφής αντίστοιχα. Αποδείχθηκε ότι το καλύτερο προϊόν ήταν το φρέσκο φιλέτο μαγιάτικου προορισμένο για την σχάρα. Σε σχέση με τα υπόλοιπα προϊόντα της έρευνας το μαγιάτικο είχε την μεγαλύτερη μέση τιμή αποδοχής από τους δοκιμαστές με χαρακτηριστικά όπως καλύτερο άρωμα και επιθυμητή υφή να το διέπουν. Επιπλέον για να γίνει αποδεχτό ένα τέτοιο προϊόν απαιτεί να συσκευάζεται, φέροντας κατάλληλα χαρακτηριστικά. Τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να είναι:

- Η τιμή
- Η χώρα προέλευσης
- Ετικέτες που να αναφέρουν την διατροφική αξία του προϊόντος και να προάγει την συμβολή του στην ανθρώπινη υγεία
- Ετικέτα του Συμβουλίου διαχείρισης των υδατοκαλλιεργειών, το οποίο προάγει τις αειφόρες μεθόδους διαχείρισης των ιχθυοκαλλιεργειών

Η γενική άποψη των καταναλωτών είναι πως τα νέα είδη προς εκτροφή μπορούν να γίνουν αποδεχτά εάν προϋποθέσεις όπως: η ανταγωνιστική τιμή του σε σχέση με υπάρχον προϊόντα στην αγορά, η πρόσβαση σε φρέσκο προϊόν, η ευκολία προετοιμασίας για την κατανάλωσή του και η ύπαρξη αειφόρων διαδικασιών με τις οποίες εκτράφηκε το ψάρι.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andaloro F, Pipitone C. 1997. Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili* in the Central Mediterranean Sea during the spawning season. *Cah Biol Mar.* 38(2):91–96. doi:10.1109/COS.2003.1278216.

Awad E, Austin D, Lyndon AR. 2013. Effect of black cumin seed oil (*Nigella sativa*) and nettle extract (Quercetin) on enhancement of immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture.* 388–391(1):193–197. doi:10.1016/j.aquaculture.2013.01.008.

Basurco B, Lovatelli A. 2001. The aquaculture situation in the mediterranean sea predictions for the future. :6.

Bauchot M-L. 1987. Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II. Fischer W, Bauchot ML, Schneider M, editors.

Castillo D, Middelboe M, Gram L, Liu S, Kalatzis PG, Kokkari C, Katharios P. 2015. Draft Genome Sequences of the Fish Pathogen *Vibrio harveyi* Strains. 3(5):10–11. doi:10.1128/genomeA.01062-15.Copyright.

Cervigón F. 1993. Los peces marinos de Venezuela. Volume 2. Caracas: Fundación Científica Los Roques.

García-Gómez A. 2000. Recent advances in nutritional aspects of *Seriola dumerilii*. *Recent Adv Mediterr Aquac finfish species Diversif.* 257:249–257.

Gisbert E, Giménez G, Fernández I, Kotzamanis Y, Estévez A. 2009. Development of digestive enzymes in common dentex *Dentex dentex* during early ontogeny. *Aquaculture.* 287(3–4):381–387. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.10.039.

Harris PJ, Wyanski DM, White DB, Mikell PP, Eyo PB. 2007. Age, Growth, and

Reproduction of Greater Amberjack off the Southeastern U.S. Atlantic Coast. *Trans Am Fish Soc.* 136(6):1534–1545. doi:10.1577/T06-113.1.

Herrera JS, Vassallo Agius R. 2016. *Seriola dumerili*. *Cult Aquat Species Inf Program*.

Hirazawa N, Takano R, Hagiwara H, Noguchi M, Narita M. 2010. The influence of different water temperatures on *Neobenedenia girellae* (Monogenea) infection, parasite growth, egg production and emerging second generation on amberjack *Seriola dumerili* (Carangidae) and the histopathological effect of this parasite on fi. *Aquaculture*. 299(1–4):2–7. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.11.025.

Jerez S, Samper M, Santamaría FJ, Villamandos JE, Cejas JR, Felipe BC. 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture*. 252(2–4):199–207. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.06.031.

Jover M, García-Gómez A, Tomás A, De La Gándara F, Pérez L. 1999. Growth of mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture*. 179(1–4):25–33. doi:10.1016/S0044-8486(99)00149-0.

Katharios P, Papadaki M, Papandroulakis N, Divanach P. 2008. Severe mortality in mesocosm-reared sharpsnout sea bream *Diplodus puntazzo* larvae due to epitheliocystis infection. *Dis Aquat Organ*. 82(1):55–60. doi:10.3354/dao01968.

Katharios P, Seth-Smith HMB, Fehr A, Mateos JM, Qi W, Richter D, Nufer L, Ruetten M, Guevara Soto M, Ziegler U, et al. 2015. Environmental marine pathogen isolation using mesocosm culture of sharpsnout seabream: Striking genomic and morphological features of novel *Endozoicomonas* sp. *Sci Rep*. 5(November):1–13. doi:10.1038/srep17609.

Kozul V, Skaramuca B, Glamuzina B, Glavic N, Tuman P. 2001. Comparative gonadogenesis and hormonal induction of spawning of cultured and wild mediterranean amberjack (*Seriola dumerili* , Risso 1810)*. *Sci Mar.* 65(3):215–220. doi:10.3989/scimar.2001.65n3215.

Manooch CS, Potts JC. 1997. Age, growth and mortality of greater amberjack from the southeastern United States. *Fish Res.* 30(3):229–240. doi:10.1016/S0165-7836(96)00554-1.

Marino G, Mandich A, Massari A, Andaloro F, Porrello S, Finoia MG, Cevasco F. 1995. Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (*Seriola dumerilii* Risso) during the spawning period. *J Appl Ichthyol.* 11(1–2):9–24. doi:10.1111/j.1439-0426.1995.tb00002.x. [accessed 2019 Feb 17]. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00002.x>.

Matsunari H, Hashimoto H, Oda K, Masuda Y, Imaizumi H, Teruya K, Furuita H, Yamamoto T, Hamada K, Mushiake K. 2013. Effects of docosahexaenoic acid on growth, survival and swim bladder inflation of larval amberjack (*Seriola dumerili*, Risso). *Aquac Res.* 44(11):1696–1705. doi:10.1111/j.1365-2109.2012.03174.x.

Miwa S, Kamaishi T, Hirae T, Murase T, Nishioka T. 2011. Encephalomyelitis associated with microsporidian infection in farmed greater amberjack, *Seriola dumerili* (Risso). *J Fish Dis.* 34(12):901–910. doi:10.1111/j.1365-2761.2011.01312.x.

Murie DJ, Parkyn DC. 2008. Sedar33-Rd13. (April).

Mylonas CC, Papandroulakis N, Smboukis A, Papadaki M, Divanach P. 2004. Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRH α implants. *Aquaculture.* 237(1–4):141–154. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.04.015.

Nowak BF, LaPatra SE. 2006. Epitheliocystis in fish. *J Fish Dis.* 29(10):573–588.

doi:10.1111/j.1365-2761.2006.00747.x.

Papandroulakis N, Mylonas CC, Maingot E, Divanach P. 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture*. 250(1–2):155–161. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.02.036.

Randall JE. 1995. Coastal fishes of Oman. Honolulu: University of Hawaii Press.

Seth-Smith HMB, Dourala N, Fehr A, Qi W, Katharios P, Ruetten M, Mateos JM, Nufer L, Weilenmann R, Ziegler U, et al. 2016. Emerging pathogens of gilthead seabream: characterisation and genomic analysis of novel intracellular β -proteobacteria. *ISME J*. 10(7):1791–1803. doi:10.1038/ismej.2015.223.

Seth-Smith HMB, Katharios P, Dourala N, Mateos JM, Fehr AGJ, Nufer L, Ruetten M, Soto MG, Vaughan L. 2017. Ca. *Similichlamydia* in epitheliocystis co-infection of gilthead seabream gills: Unique morphological features of a deep branching chlamydial family. *Front Microbiol*. 8(MAR):1–9. doi:10.3389/fmicb.2017.00508.

Smith-Vaniz WF. 1984. Carangidae. In: Fischer W, Bianchi G, editors. FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Indian Ocean fishing area 51. Vol. 1. Rome: FAO.

Smith-Vaniz WF, Pina Amargos F, Brown J, Curtis M, Williams J. 2015. *Seriola dumerili*. IUCN Red List Threat Species 2015. doi:http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T198643A16644002.en.

Smith MM, Heemstra PC. 1986. *Smiths' Sea Fishes*. Smith MM, Heemstra PC, editors. Berlin: Springer-Verlag.

Zohar Y, Mylonas C. 2001. Use of GnRHa-delivery systems for the control of reproduction in fish. *Rev Fish Biol Fish*. 10:463–491. doi:10.1023/A:1012279814708.

8. ABSTRACT

Greek fish farming has risen significantly since 1980 to date, where there are 318 aquaculture units. Although it occupies an important position in the European market supplying sea bream and sea bass, Turkey is a major competitor for these species. Additionally, the need to introduce new species into aquaculture has existed since 1999 (Basurco & Lovatelli 2001). A notable candidate species is the greater amberjack (*Seriola dumerili*). The DIVERSIFY European research program involving 10 European countries, 2 Member States and a remarkable number of Universities and Research Centers, aiming at exploring a variety of fish species as candidate fish farming, was the best opportunity to discover the right breeding conditions. The parameters examined concerned reproduction of the species, as well as the protocols for breeding and feeding the species at all stages of its development. In addition, the pathogenic microorganisms that pose a risk to the health of the fish and the smooth operation of the fish farming were formulated. Finally, the future market and perception of consumers as regards greater amberjack was assessed. This work describes the results of the research published in late 2018.

Key words: Greater amberjack, Aquaculture, DIVERSIFY