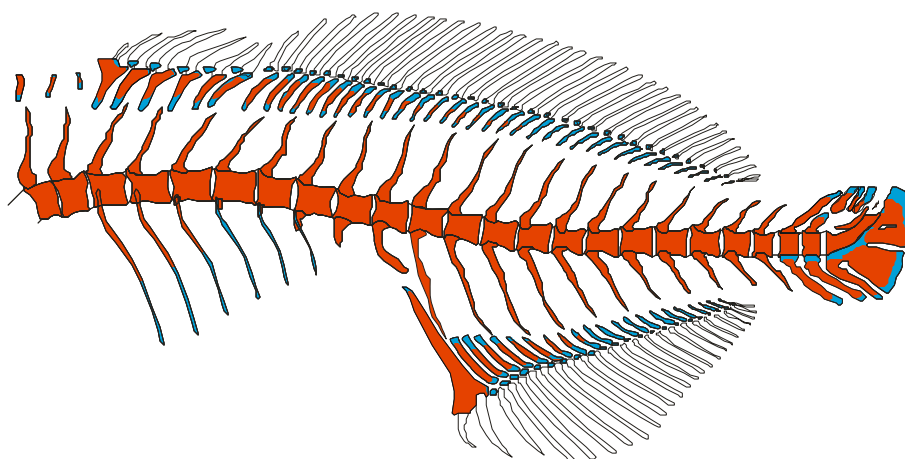


Πανεπιστήμιο Κρήτης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Βιολογίας



Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: «Περιβαλλοντική Βιολογία – Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων»

Τίτλος:
Οστεολογική ανάπτυξη του σκελετού και των εξαρτημάτων του μαγιάτικου, *Seriola dumerili* (Risso 1810)



Επιμέλεια: Αναστασία Λάγκη

Επιβλέποντες Καθηγητές:
Μ. Κεντούρη (Πανεπιστήμιο Κρήτης)
Ρ. Divanach (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

Ηράκλειο, 2007

Στους γονείς και την αδελφή μου

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών υπό την ευθύνη της καθηγήτριας κας Μαρουδιώς Κεντούρη και του Διευθυντή του Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών Dr. Pascal Divanach. Τελειώνοντας τον μεταπτυχιακό κύκλο σπουδών, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διατριβής.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα Μαρουδιώ Κεντούρη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου από τον πρώτο κιόλας καιρό που εντάχθηκα στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών. Οι συζητήσεις μαζί της όλα αυτά τα χρόνια ήταν πραγματικά πολύ εποικοδομητικές, και θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την συνεχή επιστημονική της καθοδήγηση και για όλες εκείνες τις ευκαιρίες που μου προσέφερε.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Διευθυντή του Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Dr. Pascal Divanach για τη δυνατότητα που μου προσέφερε να χρησιμοποιήσω τις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών και του Ενυδρείου Κρήτης, τις συμβουλές και τις εποικοδομητικές συζητήσεις μαζί του. Η συνεργασία μαζί του ήταν πολύ προσοδοφόρα, καθώς μου μετέδωσε πλήθος γνώσεων, και ένα μεγάλο κομμάτι του τρόπου σκέψης του.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Δημήτρη Σφακιανάκη για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε όλα αυτά τα χρόνια. Η συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας διατριβής ήταν πραγματικά πάρα πολύ μεγάλη. Τον ευχαριστώ για τη βοήθεια που απλόχερα πάντα μου προσέφερε τόσο κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας αλλά και για τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την επεξεργασία και τη συγγραφή των δεδομένων. Ήταν πάντα δίπλα μου όταν τον χρειαζόμουν.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω σε όλα τα παιδιά του εργαστηρίου υδατοκαλλιεργειών για το ευχάριστο και δημιουργικό κλίμα που πάντα επικρατούσε. Ευχαριστώ την Δρ. Αλίκη Καρούσου, την υποψήφια διδάκτορα κα. Μαρία Νεοφύτου, και τους μεταπτυχιακούς φοιτητές κ. Ιωάννη Λέρη και κα. Χρύσα Δόξα. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δύο τελευταίους, το Γιάννη για τις

ατελείωτες ώρες που περάσαμε μαζί στο εργαστήριο, και τη Χρύσα γιατί από την αρχή της ένταξής μου στο εργαστήριο υπήρξε καλή φίλη, με ότι αυτό συνεπάγεται.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη φίλη και συνοδοιπόρο μου στο μεταπτυχιακό κύκλο σπουδών, Φωτεινή Κοκού για τη συντροφιά και την συμπαράστασή της όλον αυτό τον καιρό, καθώς και όλους τους φίλους που ήταν πάντα δίπλα μου όταν τους χρειαζόμουν.

Ευχαριστώ θερμά τη Δρ. Ασπασία Στεριώτη και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Ιωάννη Παπαδάκη για όλες τις χρήσιμες πληροφορίες και γνώσεις που μου μετέδωσαν, και για τις εποικοδομητικές συζητήσεις που κατά καιρούς κάναμε. Στη Δρ. Στεριώτη οφείλω ένα ακόμη ευχαριστώ για τη δυνατότητα που μαζί με τον Dr. Divanach μου προσέφεραν, να ασχοληθώ εκτός των άλλων και με το ενυδρείο.

Πάνω απ' όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και την αδελφή μου για όλα όσα μου έχουν προσφέρει μέχρι σήμερα και συνεχίζουν απλόχερα να μου προσφέρουν. Σε αυτούς χρωστάω την παρούσα εργασία, καθώς χωρίς την πολύτιμη βοήθειά τους, υλική και ψυχολογική, θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να σπουδάσω.

Τέλος, όσους ξεχνάω αυτή τη στιγμή – όλοι γνωρίζουν ότι δε φημίζομαι για τη μνήμη μου – τους ευχαριστώ για την κατανόηση και ελπίζω να μη με παρεξηγήσουν.

Περιεχόμενα:

1. Εισαγωγή.....	7
1.1 Ορισμός υδατοκαλλιέργειας	8
1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή	8
1.3 Παρούσα κατάσταση.....	9
1.3.1 Παγκόσμια παραγωγή.....	9
1.3.2 Ευρωπαϊκές υδατοκαλλιέργειες.....	10
1.3.3 Μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες.....	10
1.4 Ανάγκη διαφοροποίησης των εκτρεφόμενων ειδών στις ιχθυοκαλλιέργειες και πιθανά υποψήφια «νέα» είδη.....	12
1.5 Βιολογικά δεδομένα του μαγιάτικου, <i>Seriola dumerili</i> (Risso 1810).....	14
1.5.1 Περιγραφή - Συστηματική ταξινόμηση.....	14
1.5.2 Γεωγραφική κατανομή.....	16
1.5.3 Αλιεία.....	17
1.5.4 Οικολογία.....	17
1.5.5 Αναπαραγωγή.....	18
1.5.6 Εμβρυική και νυμφική ανάπτυξη.....	19
1.5.7 Ρυθμοί αύξησης	20
1.5.8 Εμπορικά χαρακτηριστικά.....	21
1.5.9 Η εκτροφή του μαγιάτικου.....	22
1.5.10 Το μαγιάτικο στη διεθνή βιβλιογραφία.....	24
1.6 Τεχνολογίες εκτροφής – Μεσόκοσμος.....	25
1.7 Οντογένεση.....	26
1.7.1 Γενικά στοιχεία.....	26
1.7.2 Οστεολογική ανάπτυξη.....	27
1.8 Σκοπός.....	28
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	29
2.1 Εκτροφή.....	30
2.2 Δειγματοληψία, συντήρηση, χρώση και φωτογράφιση των δειγμάτων.....	30
3. Αποτελέσματα.....	32
3.1 Σπονδυλική στήλη.....	33
3.2 Πτερύγια.....	37
3.2.1 Ουραίο.....	37

3.2.2 Ραχιαίο.....	40
3.2.3 Εδρικό.....	41
3.3.3 Θωρακικά.....	42
3.3.4 Κοιλιακά.....	45
4. Συζήτηση.....	48
4.1 Οστεολογική ανάπτυξη.....	49
4.2 Οντογένεση της σπονδυλικής στήλης.....	52
4.3 Οντογένεση των πτερυγίων.....	56
4.3.1 Ουραίο πτερύγιο.....	57
4.3.2 Ραχιαίο και εδρικό πτερύγιο.....	59
4.3.3 Θωρακικά πτερύγια.....	60
4.3.4 Κοιλιακά πτερύγια.....	61
5. Βιβλιογραφία.....	64

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμός υδατοκαλλιέργειας

Υδατοκαλλιέργεια, σύμφωνα με τον Κανονισμό του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου 2792/99 της 17 Δεκεμβρίου 1999, είναι η εκτροφή ή η καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών (ψαριών, μαλακίων, καρκινοειδών και φυκών) με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών για την αύξηση της παραγωγής των εν λόγω οργανισμών πέρα από τη φυσική ικανότητα του περιβάλλοντος. Οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί αποτελούν ιδιοκτησία ενός νομικού ατόμου κατά το στάδιο της εκτροφής ή της καλλιέργειας, μέχρι και την συγκομιδή τους. Οι υδατοκαλλιέργειες μπορούν να διαχωριστούν σε εκτατικής, ημι-εντατικής και εντατικής μορφής, ανάλογα με την ένταση της ανθρώπινης παρέμβασης (παραλαγή από Shields, 2001 και Κουμουνδούρος, 2006) κατά τη παραγωγική διαδικασία.

1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Οι πρώτες μορφές καλλιέργειας υδρόβιων οργανισμών παρατηρήθηκαν στη Χαβάη, κατά την προϊστορική εποχή (Kikuchi, 1976; Burney and Burney, 2003). Στην Αίγυπτο (3000 π.Χ.) φαίνεται ότι καλλιεργούσαν τη τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) σε υδροστάσια (Hickling, 1963). Ενώ, έχει αναφερθεί πως κατά τη δυναστεία Yin (περίπου 1600-1000 π.Χ.) στην Κίνα έγινε εκτροφή του κυπρίνου (*Cyprinus carpio*) σε λίμνες (Rabanal, 1988; Ma *et al.*, 2003). Γύρω στο 2000 π.Χ. άρχισε η πρώτη προσπάθεια εκτροφής στρειδιών στην Ιαπωνία, ενώ η καλλιέργεια καρκινοειδών και φυκών φαίνεται ότι είναι πολύ μεταγενέστερη (XII και XVI αιώνας, αντίστοιχα) (Κεντούρη, 1998; Sea Web Aquaculture Resources, 2007). Η πρώτη έντυπη αναφορά στην υδατοκαλλιέργεια εμφανίζεται στην Κίνα από τον Fan Li το 475 π.Χ. (Borgese, 1977 σύμφωνα με Stickney, 2005).

Στην Ευρώπη, οι Ρωμαίοι εκτρέφανε ή απλά κρατούσαν ζωντανά ψάρια και μαλάκια σε κλειστούς χώρους στα παράλια της Ιταλίας (Basurco and Lavatelli, 2003). Στον μεσαίωνα παρατηρήθηκε καλλιέργεια ψαριών γλυκού νερού (κυπρίνος), που σχετίζονταν άμεσα με θρησκευτικές πρακτικές (Rabanal, 1988; Κεντούρη, 1998; Basurco and Lavatelli, 2003). Παρόλ' αυτά, οι πρώτες προσπάθειες εκτροφής ψαριών αποδίδονται στον Jacobi, ο οποίος πέτυχε την ελεγχόμενη αναπαραγωγή της πέστροφας το 1763. Στη συνέχεια, η αλματώδης πρόοδος της επιστήμης (όσον αφορά

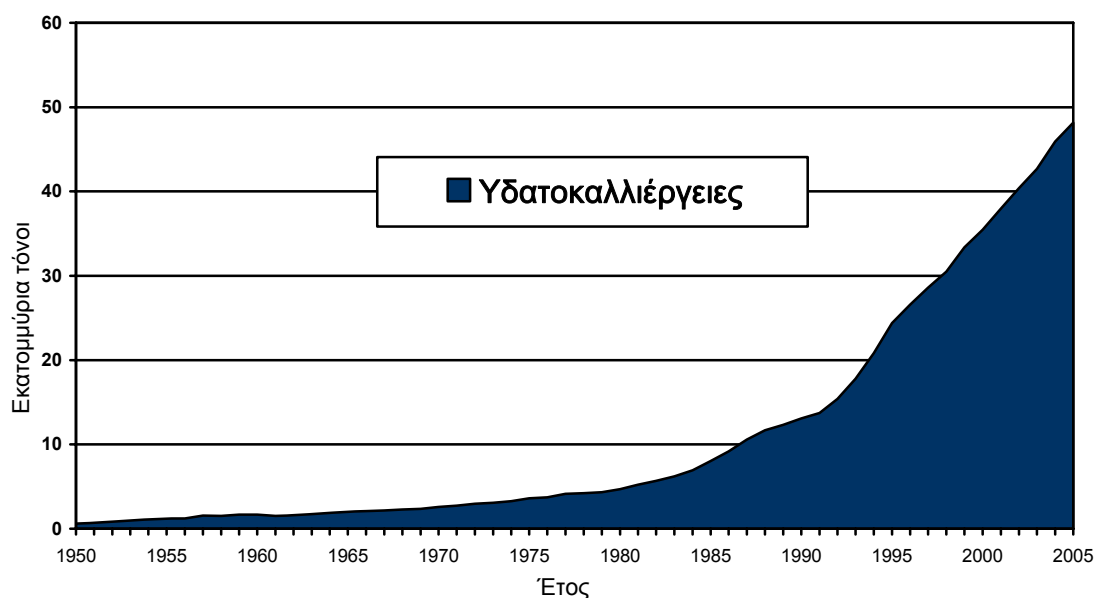
την ελεγχόμενη αναπαραγωγή, την εκτροφή των νυμφικών σταδίων, την εντατικοποίηση της παραγωγής και την αντικατάσταση της νωπής τροφής με βιομηχανική τροφή) είχε ως αποτέλεσμα την εξέλιξη των υδατοκαλλιεργειών σε αυτόνομες βιομηχανίες στις ανεπτυγμένες χώρες (Κεντούρη, 1998).

1.3 Παρούσα κατάσταση

1.3.1 Παγκόσμια παραγωγή

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του συνεχώς, η παγκόσμια παραγωγή ζωικών οργανισμών από τις υδατοκαλλιέργειες αυξάνει (**Πίνακας 1**). Έτσι, έχουμε αύξηση από 3.9% της συνολικής παραγωγής το 1970 σε 27.3% το 2000. Οι υδατοκαλλιέργειες φαίνεται να αναπτύσσονται πολύ πιο γρήγορα από κάθε άλλο τομέα παραγωγής τροφής. Παγκοσμίως, ο παραπάνω τομέας έχει μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 8.8% από το 1970, ενώ η αλιεία μόλις 1.2% και η χερσαία κτηνοτροφική παραγωγή 2.8% (FAO, 2007).

Πίνακας 1: Εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών την περίοδο 1950-2005 (στοιχεία από FAO Fishstat, 2007)



1.3.2 Ευρωπαϊκές υδατοκαλλιέργειες

Οι Ευρωπαϊκές υδατοκαλλιέργειες παράγουν κυρίως ψάρια (πέστροφα *Salmo trutta*, σολομό *Salmo salar*, τσιπούρα *Sparus aurata* και λαβράκι *Dicentrarchus labrax*) και μαλάκια (μύδια και στρείδια). Το 2000, η παραγωγή έφτασε τους 1.315.000 τόνους, που αντιστοιχεί στο 3% της παγκόσμιας παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών. Η παραγωγή των Ευρωπαϊκών υδατοκαλλιεργειών αποτελεί το 17% της ποσότητας και το 27% της τιμής της συνολικής Ευρωπαϊκής παραγωγής ψαριών (Commission of the European Communities, 2002).

1.3.3 Μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες

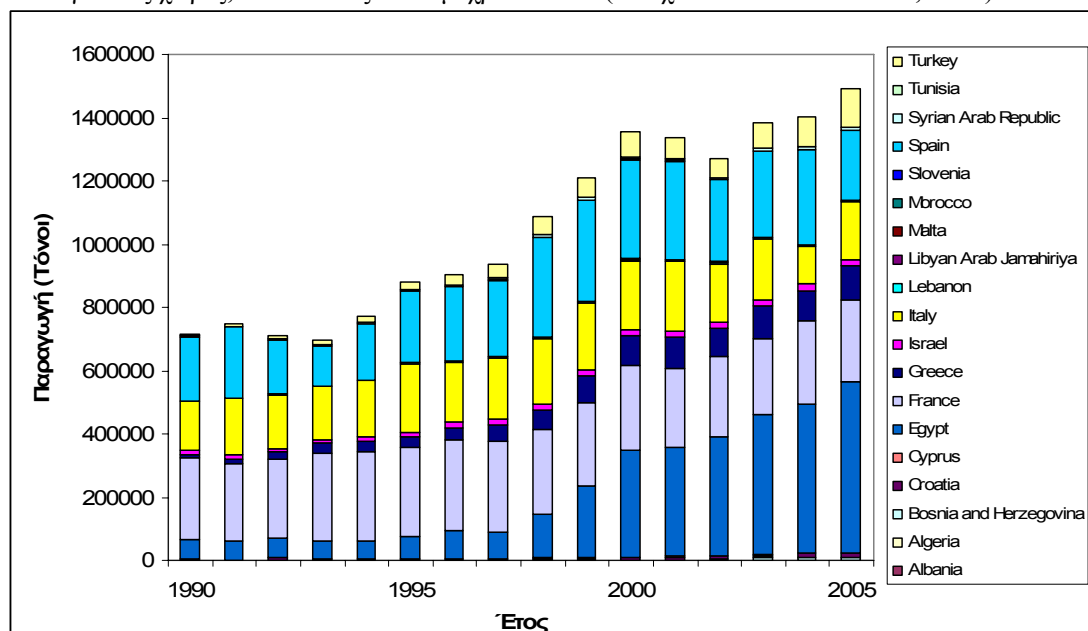
Η μεσογειακή παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών αναπτύσσεται σταθερά τις τελευταίες δεκαετίες. Την περίοδο 1992-2001 παρατηρείται αύξηση 81.8% της συνολικής παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών και 7.1% μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης (Basurco and Lovatelli, 2003). Οι χώρες που παρέχουν το 96% της συνολικής παραγωγής στην περιοχή είναι: Αίγυπτος, Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ελλάδα, και Τουρκία (**Πίνακας 2**). Η παραγωγή της Ισπανία, της Γαλλίας και της Ιταλίας βασίζεται κύρια στα μαλάκια, ενώ αυτή της Αιγύπτου στα είδη ψαριών του γλυκού και του θαλασσινού νερού. Η Ελλάδα και η Τουρκία παράγουν μαζικά συγκεκριμένα είδη ψαριών (λαβράκι, τσιπούρα και πέστροφα) και ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης των υδατοκαλλιεργειών τους τις τελευταίες δεκαετίες είναι περίπου 20% και 26.4%, αντίστοιχα.

Η ομάδα οργανισμών που εμφάνισε το μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης είναι τα θαλασσινά των οποίων η παραγωγή πέρασε από 33701 τόνους το 1992 σε 253137 τόνους το 2001 που ισοδυναμεί με 25,7% ετήσιο ρυθμό αύξησης (Basurco and Lovatelli, 2003). Ο παρατηρούμενος μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης οφείλεται κύρια στην καλλιέργεια κάποιων σαρκοφάγων ψαριών, ιδιαίτερα της τσιπούρας και του λαβρακιού. Το τελευταίο επιτεύχθηκε με την επίλυση ορισμένων τεχνικών προβλημάτων, την οικονομική υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την ισχυρή αγορά (τέλος δεκαετίες του '80 και αρχές της δεκαετίας '90). Μετά την δεκαετία του '90, οι μεγαλύτεροι παραγωγοί των παραπάνω ειδών είναι η Ελλάδα, η Τουρκία, η Ιταλία και η Ισπανία (FAO, 2006). Το 2006 η Ευρωπαϊκή παραγωγή λαβρακιού και

τσιπούρας έφτασε περίπου τους 88500 τόνους και τους 104000 τόνους αντίστοιχα (FEAP, 2007). Φαίνεται ότι σήμερα η παραγωγή των δυο ειδών (λαβράκι και τσιπούρα) έχει σταθεροποιηθεί λόγω των χαμηλών τιμών και του υψηλού ανταγωνισμού στην αγορά.

Η Ελλάδα αποτελεί τον μεγαλύτερο παραγωγό της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε λαβράκι και τσιπούρα. Υπολογίζεται πως το 2006 η παραγωγή λαβρακιού και τσιπούρας έφτασε τους 34000 και 49000 τόνους αντίστοιχα, από τους 200000 τόνους της συνολικής ευρωπαϊκής παραγωγής των εν λόγω ειδών από τις υδατοκαλλιέργειες (Catarci, 2007). Η εκτεταμένη ακτογραμμή (15000 km), οι πολυάριθμοι κολπίσκοι και οι πολύ ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες, καθιστούν την Ελλάδα ιδανική για την εγκατάσταση υδατοκαλλιεργητικών μονάδων (Lacroix, 1995). Επιπρόσθετα, η γεωγραφική θέση της Ιταλίας, η οποία αποτελεί την μεγαλύτερη αγορά λαβρακιού, αποτελεί πλεονέκτημα για την ανάπτυξη θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας στον Ελλαδικό χώρο. Εκτιμάται πως η ιχθυοκαλλιέργεια παρέχει πλήρη ή μερική απασχόληση σε περίπου 10000 άτομα (Galanopoulos, 2005). Το 2004, το ποσό που αναλογούσε στο λαβράκι και την τσιπούρα αποτελούσε το 42% της συνολικής αξίας των εξαγόμενων θαλασσινών, ενώ το 1998 δεν υπέρβαινε 26% (Monfort, 2007).

Πίνακας 2: Παραγωγή των κύριων ομάδων οργανισμών - ειδών της υδατοκαλλιέργειας στις Μεσογειακές χώρες, από το έτος 1990 μέχρι το 2005 (στοιχεία από FAO Fishstat, 2007).



1.4 Ανάγκη διαφοροποίησης των εκτρεφόμενων ειδών στις ιχθυοκαλλιέργειες και πιθανά υποψήφια «νέα» είδη

Είναι γνωστό πως οι περισσότεροι τομείς των υδατοκαλλιεργειών εκτέθηκαν στο γρήγορο κορεσμό και στη μείωση των τιμών της αγοράς στις αρχές της δεκαετίας του '90. Στην περίπτωση του λαβρακιού και της τσιπούρας αυτό αποδόθηκε στην μικρότερη αγορά που έχουν αυτά τα είδη (κυρίως στη Νότια Ευρώπη) σε σχέση με την αγορά του ατλαντικού σολομού, στην έλλειψη διαφοροποίησης των προϊόντων και στην περιορισμένη ανάπτυξη της αγοράς και προώθηση των προϊόντων (de Monbrison, 2004). Σε αυτό το πλαίσιο, δηλαδή για οικονομικούς λόγους, έχει τονιστεί από πολλούς η ανάγκη διαφοροποίησης των εκτρεφόμενων ειδών ψαριών (π.χ. Lensi, 1995; Abellan and Basurco, 1999; Suquet *et al.*, 2002). Σύμφωνα με τους Suquet *et al.* (2002) και Quemener *et al.* (2002), η διαφοροποίηση των εκτρεφόμενων ειδών ψαριών είναι απαραίτητη για 5 τουλάχιστον σημαντικούς λόγους:

- 1) την καλύτερη προσαρμογή στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες: Η ικανότητα εκτροφής ψαριών εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς τα ψάρια είναι ποικιλόθερμοι οργανισμοί. Η δυνατότητα επιλογής του ιχθυοκαλλιεργητή μεταξύ πολλών «νέων ειδών» ψαριών, θα του επιτρέψει την επιλογή του είδους που είναι καλύτερα προσαρμοσμένο στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες.
- 2) την επιλογή της κατάλληλης τεχνικής εκτροφής: Στις μέρες μας, ένα ευρύ φάσμα τεχνικών εκτροφής είναι διαθέσιμο (Divanach and Kentouri, 2000). Το είδος θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στους περιορισμούς της επιλεγμένης συνθήκης εκτροφής.
- 3) την καλύτερη απόδοση της εκτροφής: Η υψηλή απόδοση παραγωγής των καλλιεργειών μπορεί να επιτευχθεί με την εκτροφή «νέων» ειδών με υψηλό ρυθμό αύξησης. Για παράδειγμα, το μαγιάτικο, *Seriola dumerili*, φτάνει το μέσο ατομικό βάρος του ενός κιλού σε ένα χρόνο (Nakada, 2000), το μυλοκόπι *Umbrina cirrosa* τα 650 g σε λιγότερο από δύο χρόνια (Mylonas *et al.*, 2000), ο βλάχος *Polyprion americanus* (Kentouri *et al.*, 1995), αυξάνει το βάρος του κατά περίπου 1 kg ανά έτος και ο κυανόπτερος τόνος *Thunnus thynnus* κατά 5-10 kg το έτος (Ioka *et al.*, 2000).

- 4) την καλύτερη προσαρμογή σε καινούριες τάσεις της αγοράς: Η κατανάλωση τροφής γενικά είναι στενά συνδεδεμένη με τις εθνικές συνήθειες που επηρεάζουν την συμπεριφορά των καταναλωτών. Μεγάλες διαφορές παρουσιάζονται ακόμη και μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών (Young, 1996). Σύμφωνα με τον Parageorgiou (2000), η αγορά της Ευρωπαϊκής ένωσης μπορεί να χωριστεί σε δυο τμήματα, βόρειας και νότιας Ευρώπης. Η πρώτη αγορά είναι μικρή σε σχέση με τη ζήτηση κύρια λόγω της περιορισμένης γνώσης του προϊόντος από το μέσο καταναλωτή (Stephanis, 1996) και εν μέρει λόγω της αποστροφής αυτών των καταναλωτών για «ολόκληρο» το ψάρι (Paquotte and Guillard, 1996). Την περίοδο μεταξύ 1987 και 1997 στην Γαλλία αυξήθηκε κατά 45% η αρχική τιμή των τεμαχισμένων ψαριών (fish cuts) (Quemener *et al.*, 2002). Από την άλλη, οι καταναλωτές της νότιας Ευρώπης φαίνεται να προτιμούν το «ολόκληρο» και φρέσκο ψάρι, μια τάση που σιγά σιγά φαίνεται να εγκαταλείπεται (Paquotte and Guillard, 1996). Έτσι, οι νέοι υποψήφιοι («νέα» είδη ψαριών) πρέπει να είναι προσαρμοσμένοι στις συνήθειες του εκάστοτε αγοραστικού κοινού στο οποίο απευθύνονται. Πρέπει να σημειωθεί πως στις αναπτυγμένες χώρες παρατηρείται συγκλίνουσα πορεία των αγορών ανά την υφήλιο (λόγω της ελεύθερης αγοράς και της εξέλιξης του τρόπου ζωής) (Suquet *et al.*, 2002), και προσανατολισμός τους προς τα διαφοροποιημένα προϊόντα, ανάλογα με τη ποιότητα και τη μορφή τους (Parageorgiou, 2000).
- 5) την αποφυγή διάδοσης των ασθενειών: Η διεύρυνση του αριθμού των καλλιεργούμενων ειδών συμβάλλει στην μείωση του ρίσκου εκδήλωσης μιας ασθένειας (Basurco and Abellan, 1999), όπως είχε γίνει στην Μεσογειακή παραγωγή του λαβρακιού με το ξέσπασμα του nodavirus το 1995 (Basurco and Abellan, 1999).

Η εισαγωγή και η εκτροφή «νέων» ειδών ψαριών στη Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές στρατηγικές για την διαφοροποίηση του τελικού προϊόντος και την ενίσχυση της αγοράς από τον ανταγωνισμό, και έτσι μπορεί να διευκολύνει την ανάπτυξη του τομέα. Οι βασικότεροι περιορισμοί, όσον αφορά την διαφοροποίηση των ειδών, είναι η περιορισμένη αγορά των εν λόγω ειδών, η τάση που θα έχουν να απασχολούν παρόμοιες θέσεις αγοράς (market niches) με τα ήδη παραγόμενα είδη και η περαιτέρω φόρτωση μιας ήδη πιεσμένης αγοράς από

σημαντικές αλλαγές (Abellan and Basurco, 1999). Επιπρόσθετα, η αναγκαία έρευνα για την βελτιστοποίηση της καλλιέργειάς τους μπορεί να είναι χρονοβόρα, δαπανηρή και να απαιτεί ανάπτυξη νέων τεχνικών (Abellan and Basurco, 1999). Μια επικερδής παραγωγή ενός «νέου είδους» μπορεί να χρειαστεί από 3 έως και 10 χρόνια έρευνας (Muir and Young, 1998).

Λίγες είναι οι μέθοδοι που έχουν προταθεί για την επιλογή των «νέων ειδών» ψαριών εκτροφής (Kentouri *et al.*, 1995; Muraccioli *et al.*, 2000; Le François *et al.*, 2002; Quemener *et al.*, 2002). Κάποια από τα κριτήρια που προτείνονται για την επιλογή αυτών των υποψήφιων ειδών είναι η υψηλή εμπορική τους αξία, ο υψηλός ρυθμός αύξησης τους, η δυνατότητα σύλληψης τους από το φυσικό περιβάλλον, η ύπαρξη επαρκούς γνώσης σχετικά με τις βιολογικές τους απαιτήσεις, η δυνατότητα μεταφοράς τους, η εύκολη διαχείριση τους, το μειωμένο κόστος παραγωγής τους, η ικανότητα προσαρμογής τους σε συνθήκες εκτροφής και γενικότερα οι υψηλές βιολογικές τους αποδόσεις (Quemener *et al.*, 2002).

Ο Divanach (2004), αναφέρει ότι το 2003 μελετήθηκαν στη Μεσόγειο 32 είδη ψαριών που ανήκαν σε 14 οικογένειες. Από αυτά τα πέντε (*Dentex dentex*, *Epinephelus marginatus*, *E. aeneus*, *Polyprion americanus* και *Seriola dumerilii*) θεωρούνται ως πολύ υποσχόμενα είδη. Πρόσφατα, σημαντική πρόοδο έχει παρατηρηθεί σε κάποια «νέα είδη», όπως είναι ο κρانيός (*Argyrosomus regius*), ο ροφός (*Epinephelus marginatus*), η γλώσσα (*Solea senegalensis*) και το μαγιάτικο (*Seriola dumerili*). Αυτά τα είδη θα μπορούσαν, στο μέλλον, να δημιουργήσουν νέες δυνατότητες για τον τομέα της παραγωγής (Divanach, 2004).

1.5 Βιολογικά δεδομένα του μαγιάτικου, *Seriola dumerili* (Risso 1810)

1.5.1 Περιγραφή - Συστηματική ταξινόμηση

Το είδος *Seriola dumerili* (Risso 1810) (**Εικόνα 1, Πίνακας 3**), γνωστό και ως μαγιάτικο (**Πίνακας 4**), ανήκει στην οικογένεια των Carangidae (**Πίνακας 5**). Χαρακτηρίζεται μορφολογικά από ένα επιμηκυμένο, ατρακτοειδές και ελαφρώς συμπίεσμένο πλευρικά σώμα, με μικρά κυκλοειδή λέπια. Το χρώμα του σώματος είναι κίτρινο-πράσινο, ραχιαία είναι μπλε ή λαδί και ασημί ή άσπρο πλευρικά και κοιλιακά. Έχει μια σκουρόχρωμη γραμμή από την άκρη του ματιού μέχρι το

εσωτερικό τμήμα της βάσης του ραχιαίου πτερυγίου. Οι νύμφες έχουν πέντε σκουρόχρωμες πλευρικές γραμμές και έξι γραμμές στο τέλος του ουραίου πτερυγίου. Το μέγιστο καταγεγραμμένο ολικό μήκος (total length, TL) είναι 190 cm (Bauchot, 1987) και το μέγιστο βάρος 80.6 kg, παρόλα αυτά πιο κοινά είναι τα άτομα με μήκος 110 cm και βάρος 25-40 kg (Fischer, 1973; Fischer *et al.*, 1987; Smith-Vaniz, 1986). Έχει βρεθεί πως το μαγιάτικο μπορεί να ζήσει τουλάχιστον 15 χρόνια (Manooch and Potts 1997a,b; Thompson *et al.*, 1998). Στο Κόλπο του Μεξικού έχει εκτιμηθεί, με βάση τους οτόλιθους, ότι το μαγιάτικο μπορεί να φτάσει την ηλικία των 15 ετών (Manooch and Potts, 1997).

Εικόνα 1: Μαγιάτικο, *Seriola dumerili* (Risso 1810) (από Randall, J.E.)



Πίνακας 3: Συνώνυμα του *S. dumerili* όπως δίνονται από τους Froese and Pauly (2007).

Συνώνυμα του <i>Seriola dumerili</i>		
Συνώνυμα	Συγγραφέας	Εγκυρότητα
<i>Seriola dumerilii</i>	(Risso, 1810)	Όχι
<i>Caranx dumerili</i>	Risso, 1810	Όχι
<i>Seriola dumerili</i>	(Risso, 1810)	Ναι
<i>Trachurus aliciolus</i>	Rafinesque, 1810	Όχι
<i>Trachurus fasciatus</i>	Rafinesque, 1810	Όχι
<i>Seriola boscii</i>	Valenciennes, 1833	Όχι
<i>Seriola purpurascens</i>	Temminck & Schlegel, 1845	Όχι
<i>Seriola purpurescens</i>	Temminck & Schlegel, 1845	Όχι
<i>Seriola tapeinometopon</i>	Bleeker, 1853	Όχι
<i>Seriola tapeinometapon</i>	Bleeker, 1853	Όχι
<i>Seriola gigas</i>	Poey, 1860	Όχι
<i>Seriola simplex</i>	Ramsay & Ogilby, 1886	Όχι
<i>Regificola parilis</i>	Whitley, 1948	Όχι
<i>Seriola rhombica</i>	Smith, 1959	Όχι

Πίνακας 4: Κοινή ονομασία του *S. dumerili* σε διάφορες γλώσσες και χώρες (Fischer, 1973).

Χώρα	Κοινή ονομασία με λατινικούς χαρακτήρες
Αγγλία	greater ή purplish amberjack ή Mediterranean yellowtail
Γαλλικά	liche ή sériole couronnée
Ισπανία	lecha, serviola, medregal ή pez limón
Ιταλία	ricciola
Ελλάδα	mayático
Τουρκία	sarikuyruk baligi
Γιουγκοσλαβία	orfan
Κύπρος	mineri
Μάλτα	accrole
Μαρόκο	irghal
Τυνησία	guerriona
Λιβύη	tsola
Αίγυπτος	insh
Συρία	intras
Ισραήλ	seriola

Πίνακας 5: Συστηματική κατάταξη του *S. dumerili*

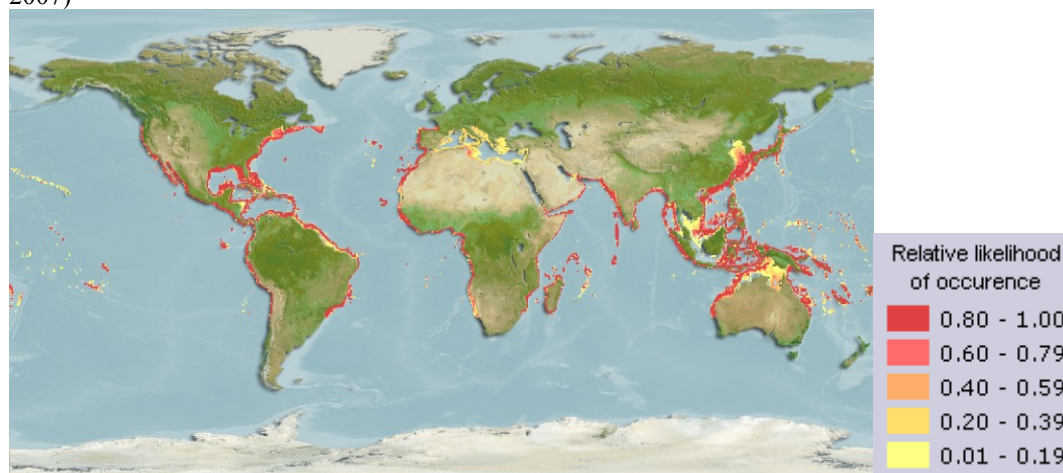
	Λατινική ονομασία	Ελληνική ονομασία
Φύλο	Chordata	Χορδωτά
Ομάδα	Vertebrata	Σπονδυλωτά
Υποφύλο	Gnathostomata	Γναθόστομα
Υπερομοταξία	Pisces	Ιχθύες
Ομοταξία	Osteichthyes	Οστειχθύες
Υφομοταξία	Actinopterygii	Ακτινοπτερύγιοι
Υπερτάξη	Teleostei	Τελεοστέοι
Τάξη	Perciformes	Περκόμορφα
Υποτάξη	Carangoidei	Καρανγκοειδή
Οικογένεια	Carangidae	
Υποοικογένεια	Naucratinae	
Γένος	Seriola	
Είδος	<i>Seriola dumerili</i>	

1.5.2 Γεωγραφική κατανομή

Το είδος *S. dumerili* παρουσιάζει παγκόσμια κατανομή (circumglobal) (Andaloro and Pipitone, 1997; Thompson *et al.*, 1998; Liu, 2001; Froese and Pauly, 2007) (**Εικόνα 2**). Στο Ινδο-Δυτικό Ειρηνικό έχει παρατηρηθεί στην Νότια Αφρική, στο Περσικό Κόλπο, στη Νότια Ιαπωνία και στα νησιά της Χαβάης (Froese and Pauly, 2007). Στο Δυτικό Ατλαντικό βρίσκεται στις Βερμούδες, από το Nova Scotia (Καναδά) μέχρι την Βραζιλία, αλλά και από το κόλπο του Μεξικού μέχρι την Καραϊβική θάλασσα. Ενώ, στον Ανατολικό Ατλαντικό μπορεί κανείς να το βρει από τις Βρετανικές ακτές μέχρι το Μαρόκο και τη Μεσόγειο (Froese and Pauly, 2007). Όσον αφορά το ενδιαίτημά του, είναι βενθικό και πελαγικό (Smith-Vaniz, 1986). Ζει σε βάθη μεταξύ 20-70 m, παρόλα αυτά έχει βρεθεί και σε βάθη μεγαλύτερα των 360 m (Smith-Vaniz, 1986; Fischer *et al.*, 1987). Τις περισσότερες φορές συναντάται σε

κοπάδια, αλλά περιστασιακά μπορεί να απαντηθεί και μόνο του (Smith-Vaniz, 1986). Συχνά προσελκύεται από επιπλέοντα αντικείμενα (flotsam) (Smith-Vaniz, 1986; Riera *et al.*, 1999).

Εικόνα 2: Γραφική απεικόνιση της γεωγραφικής κατανομής του *S. dumerili* (από Froese and Pauly, 2007)



1.5.3 Αλιεία

Η εμπορική αλιεία του μαγιάτικου γίνεται με παραγάδια, καθετές, μανόμενα δίχτυα (gill nets), παγίδες και μηχανότρατες (Fischer, 1978; Garcia and Diaz, 1995). Στο αρχιπέλαγος των Βελεαρίδων, η σύλληψη νεαρών ατόμων *S. dumerili* διευκολύνεται με τη χρήση συσκευών προσέλκυσης ψαριών (fish aggregating devices ή FADs) και μεγάλων κάθετων διχτύων Moorish (Moorish seines) (Pastor *et al.*, 2000). Μελέτες που έγιναν επάνω στα FADs έδειξαν πως το *S. dumerili* είναι από τα πιο συχνά απαντώμενα είδη σε αυτό (Deudero *et al.*, 1999; D'Anna *et al.*, 1999; Massuti *et al.*, 1999; Sinopoli *et al.*, 2007). Φαίνεται πως τα νεογνά ενός έτους (young-of-the-year ή YOY) εγκαθίστανται στα FADs σε μέγεθος περίπου 5-8 cm TL, τον Ιούλιο και φεύγουν απ' αυτά σε μέγεθος περίπου 20-25 cm TL, το Σεπτέμβριο (Deudero *et al.*, 1999; Andaloro *et al.*, 2003).

1.5.4 Οικολογία

Το μαγιάτικο είναι ένα οπορτουμιστικό είδος, με τη διατροφική του συμπεριφορά να μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος (Badalamenti *et al.*, 1995; Matallanas *et al.*, 1995; Pipitone and Andaloro, 1995). Οι Badalamenti *et al.* (1995)

ανέφεραν πως άτομα έως 80 mm σταθερό μήκος (standard length ή SL) τρέφονται κυρίως με ζωπλαγκτονικούς οργανισμούς (Κωπήποδα και νύμφες από δεκάποδα καρκινοειδή), τα ψάρια μεταξύ 80 και 120 mm SL εξακολουθούν να τρέφονται με ζωπλαγκτόν στο οποίο κυριαρχούν βενθικοί και νηκτονικοί (nektonic) οργανισμοί, ενώ άτομα μεγαλύτερα των 120 mm SL τρέφονται κύρια με νηκτονικούς και νηκτοβενθικούς οργανισμούς. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Pipitone and Andaloro (1995). Φαίνεται πως οι νύμφες του *S. dumerili* είναι ενεργοί θηρευτές. Από τα αρχικά στάδια ζωής τους, τρέφονται με μεγάλα θηράματα (Grau *et al.*, 1992) ενώ μετά από μια μικρή πλαγκτονική φάση που δε κρατάει πάνω από τρεις μήνες (περίπου 10 cm TL) τα νεαρά άτομα γίνονται ιχθυοφάγα (14 cm TL) (Badalamenti *et al.*, 1995). Η διατροφική μεταβολή που παρατηρείται έχει συσχετιστεί με την αλλαγή του περιβάλλοντος διαβίωσης τους. Αυτό παρατηρείται όταν τα άτομα του *S. dumerili*, με μέγεθος περίπου 20 cm TL, εγκαταλείπουν την ανοικτή θάλασσα (offshore waters) για να έρθουν πιο κοντά στην ακτή (Pipitone and Andaloro, 1995). Τα ιχθύδια και τα ενήλικα άτομα τρέφονται κύρια με ψάρια (*Trachurus trachurus*, *Scomber scombrus*, *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus* και *Merluccius merluccius*) και σποραδικά με καρκινοειδή (*Squilla mantis*) (Matallanas *et al.*, 1995; Lazzari and Barbera, 1988, 1989a). Χρησιμοποιούν τον ram suspension ή αλλιώς ram filter τύπο διατροφής, αποσπώντας λίγα θηράματα (minute prey) από μια μεγάλη ποσότητα νερού που εισέρχεται στο στόμα λόγω της πρόσθιας κίνησης του σώματος (Sanderson *et al.*, 1996), και έχουν κερκαδικούς αυτότροφους ρυθμούς (circadian self-feeding rhythms) (Chen *et al.*, 2007).

1.5.5 Αναπαραγωγή

Το *S. dumerili* είναι γονοχωριστικό είδος, με αναλογία φύλων 1:1 (Lazzari and Barbera, 1989b; Micale *et al.*, 1993). Η διαφοροποίηση του φύλου παρατηρείται σε νεαρά άτομα 23-25.5 cm SL (4-5 μήνες) (Marino *et al.*, 1995a), ενώ η διαφοροποίηση των γονάδων επιτυγχάνεται πλήρως στο τέλος του πρώτου χρόνου ζωής (Marino *et al.*, 1995a). Παρόλα αυτά η γενετική ωρίμανση δεν επιτυγχάνεται πριν από την ηλικία των 4-5 χρόνων (Micale *et al.*, 1993; Marino *et al.*, 1995b). Το συνολικό βάρος του σώματος στην πρώτη γενετική ωρίμανση εκτιμήθηκε ότι είναι άνω των 20 kg στα θηλυκά και άνω των 10 Kg στα αρσενικά (Manganaro *et al.* 1993) και κυμαίνεται μεταξύ 10-12 Kg και στα δυο φύλα (Lazzari and Barbera, 1989b). Το

μαγιάτικο είναι ένα multiple batch group synchronous spawning ψάρι (Grau, 1992; Marino *et al.*, 1995a, b; Micale *et al.*, 1999; Mylonas *et al.*, 2004; Jerez *et al.*, 2006). Η περίοδο αναπαραγωγής διεξάγεται την άνοιξη με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, και ως εκ τούτου εξαρτάται από την γεωγραφική περιοχή (Lazzari and Barbera, 1988, 1989a,b; Grau, 1992; Marino *et al.*, 1995b; Wells *et al.*, 2004). Στις Βελεαρίδες νήσους, η αναπαραγωγή πραγματοποιείται στα τέλη άνοιξης - αρχές καλοκαιριού (Grau, 1992), ενώ στα νησιά Pelagie κρατάει χρονικά περισσότερο και συμπίπτει με την αύξηση της θερμοκρασίας (από 19.5 στους 22.55 °C) μεταξύ Μαΐου και Ιουλίου (Lazzari and Barbera, 1988). Στη θάλασσα των Σαργασσών παρατηρείται μεταξύ Φεβρουαρίου και Απριλίου (Wells *et al.*, 2004). Στα Κανάρια νησιά πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία είναι μεταξύ 18 και 24 °C (μεταξύ Απριλίου και Οκτώβριου). Τέλος, στην νότιο-ανατολική Αδριατική θάλασσα η αναπαραγωγική περίοδο ξεκινάει όταν η θερμοκρασία φτάνει πάνω από 18 °C (Skaramuca *et al.*, 2000). Οι γονάδες, όταν είναι ώριμες, καταλαμβάνουν τα 2/3 του μήκους της σωματικής κοιλότητας (Lazzari and Barbera, 1988, 1989b; Grau, 1992). Ο γοναδοσωματικός δείκτης ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία από 0.51 έως 15.56 στα θηλυκά και από 0.05 έως 8.23 στα αρσενικά, και η συνολική γονιμότητα είναι 600 αυγά/g σε ώριμα νεαρά θηλυκά (περίπου 15 kg βάρος) και 130 αυγά/g σε γηραιότερα θηλυκά (πάνω από 30 kg) (Grau, 1992).

1.5.6 Εμβρυική και νυμφική ανάπτυξη

Τα αυγά του *S. dumerili* είναι πελαγικά, σφαιρικά στο σχήμα με διάμετρο 1.0-1.2 mm και μια σταγόνα λιπιδίων διαμέτρου 0.2-0.3 mm (Lazzari and Barbera, 1988; Masuma *et al.*, 1990; Lazzari 1991; Grau, 1992; Tachihara *et al.*, 1993; Garcia and Diaz, 1995; Mylonas *et al.*, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005; Jerez *et al.*, 2006). Ο λεκιθικός σάκος είναι αδρά κατετμημένος (roughly segmented) και ο περιβιτελίνικος χώρος είναι περιορισμένος (Masuma *et al.*, 1990). Η πρώτη διαίρεση πραγματοποιείται 30-40 λεπτά μετά την γονιμοποίηση και εξαρτάται από τη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού. Η επόμενη διαίρεση γίνεται μετά από 45-50 λεπτά, ενώ, η εκκόλαψη παρατηρείται από 30-35 (23-27 °C) έως 48 ώρες (19.8 °C) μετά την γονιμοποίηση (Masuma *et al.*, 1990; Lazzari, 1991; Tachihara *et al.*, 1993; Mylonas *et al.*, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005). Σύμφωνα με τους Tachihara *et al.*

(1993), οι νέο-εκκολαπτόμενες νύμφες έχουν 2.7-3.2 mm μήκος νοτοχορδής (notochord length, NL), ενώ σύμφωνα με τους Sawada *et al.* (2006) οι νύμφες που δεν έχουν υποστεί συνθήκες υποξίας έχουν μέσο όρο NL 3.3 mm. Το ολικό μήκος (TL) των νεο-εκκολαπτόμενων νυμφών βρέθηκε 2.87-2.88 mm στους 23.5 °C (Mylonas *et al.*, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005), ενώ οι Jerez *et al.* (2006) βρήκαν πως είναι 3.6 mm TL. Η πλήρωση της νηκτικής κύστης γίνεται μετά από 120 ώρες στους 23,5 °C (3.87 mm TL) (Mylonas *et al.*, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005). Η πλήρη κάμψη της νοτοχορδής γίνεται από 12 έως 13 ημέρες μετά την εκκόλαψη (dph) (5.5 mm TL) (Papandroulakis *et al.*, 2005). Η μεταμόρφωση πραγματοποιείται σε 25 dph στους 23,5 °C (9 mm TL) (Mylonas *et al.*, 2004).

1.5.7 Ρυθμοί αύξησης

Πολλές είναι οι μελέτες που έδειξαν ότι το εν λόγω είδος έχει υψηλό ρυθμό αύξησης στο φυσικό περιβάλλον (Andaloro *et al.*, 1992; Manooch and Pott, 1997a,b; Thompson *et al.*, 1998; Wells *et al.*, 2004; MRRI, 2004), αλλά και σε συνθήκες εκτροφής (Cavaliere *et al.*, 1989; Lazzari, 1991; Kentouri *et al.*, 1995; Jover *et al.*, 1999; Lazzari *et al.*, 2000; Mazzola *et al.*, 2000; Pastor *et al.*, 2000; Talbot *et al.*, 2000; Skaramuca *et al.*, 2001a,b; MRRI, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005; Takakuwa *et al.*, 2006). Το μέσο βάρος μετά από ένα χρόνο εκτροφής σε επιπλέοντα κλουβιά είναι 1239 gr (Skaramuca *et al.*, 1998) και φτάνει τα 6 kg μετά από 2.5 χρόνια σε συνθήκες εκτροφής (Jover *et al.*, 1999; Mazzola *et al.*, 2000; Pastor *et al.*, 2000). Σύμφωνα με τον Nakada (2000) το *S. dumerili* παρουσιάζει μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης από το *S. quinquerediata* όταν η θερμοκρασία εκτροφής του είναι μεγαλύτερη των 17 °C. Επίσης, έχει μεγαλύτερη και πιο γρήγορη αύξηση από την τσιπούρα και το λαβράκι, αλλά και από άλλα «νέα είδη» (Πίνακας 6). Παρόλα αυτά φαίνεται πως ο ρυθμός ανάπτυξης είναι μικρότερος στα εκτρεφόμενα άτομα από ότι στα άγρια (Lazzari and Barbera, 1989b; Porrello *et al.*, 1993; Garcia and Diaz, 1995). Τέλος, το μαγιάτικο παρουσιάζει υψηλά ποσοστά επιβίωσης και υψηλούς ρυθμούς προσαρμογής σε συνθήκες αιχμαλωσίας (Cavaliere *et al.*, 1989; Lazzari and Barbera, 1989b; Lazzari, 1991; Porrello *et al.*, 1993; Garcia and Diaz, 1995; Lazzari *et al.*, 2000; Papandroulakis *et al.*, 2005; Jerez *et al.*, 2006).

Πίνακας 6: Σύγκριση της αύξησης κάποιων υποψήφιων «νέων ειδών» με αυτή της τσιπούρας και του λαβρακιού (σύμφωνα με Divanach, 2004).

Αύξηση	Μικρότερη	Παρόμοια	Καλύτερη	Μεγαλύτερη & γρηγορότερη
Είδη	<i>Diplodus sargus</i> <i>D. vulgaris</i> <i>Lithognathus mormyrus</i> <i>Oblada melanura</i> <i>Sarpa sarpa</i> <i>Boops boops</i> <i>Pagellus acarne</i> <i>Siganus rivulatus</i>	<i>Puntazzo puntazzo</i> <i>Pagellus erythrinus</i> <i>P. bogaraveo</i> <i>Pagrus pagrus</i> <i>P. major</i> <i>Sciaena umbra</i> <i>Solea solea</i> <i>S. senegalensis</i>	<i>Umbrina cirrosa</i> <i>Dentex dentex</i>	<i>Argyrosomus regius</i> <i>Seriola dumerili</i> <i>Polyprion americanus</i>

1.5.8 Εμπορικά χαρακτηριστικά

Η ποιότητα της σάρκας του μαγιάτικου είναι εξαιρετική και παρουσιάζει υψηλή ζήτηση παγκοσμίως (Nakada, 2000, 2002). Η σάρκα του μαγιάτικου διατηρεί το χρώμα και την υφή της περισσότερο απ' ό,τι το *S. quinqueradiata* (Nakada, 2002). Με το *S. quinqueradiata* τοποθετούνται μεταξύ των πλέον δημοφιλών ψαριών της Ιαπωνικής αγοράς και η παραγωγή τους φτάνει περίπου τους 200000 τόνους ετήσια (Lensi, 1995). Ως εκ τούτου, το μαγιάτικο έχει μια σχετικά υψηλή εμπορική αξία (Porrello *et al.*, 1993; Nakada, 2002). Η τιμή πώλησης φτάνει τα 10-20 ECUS/kg στη Μεσόγειο και 30 ECUS/kg στην Ιαπωνία (Garcia and Diaz, 1995). Στην Ιαπωνία, η τιμή του στη χονδρική αγορά είναι συνήθως υψηλότερη σε σχέση με αυτή του *Pagrus major* και του *S. quinqueradiata*. Έτσι, η τιμή του μαγιάτικου την περίοδο 1994-1998 ήταν 1.3 με 2.1 φορές μεγαλύτερη από αυτή του *S. quinqueradiata* στο Tokyo Tsukiji Market (Nakada 2002). Παράλληλα, μπορεί να πωληθεί σε όλα τα μεγέθη (Garcia and Diaz, 1995), ενώ έχει την δυνατότητα εύκολης φιλετοποίησης και αποχωρισμού του βρώσιμου τμήματος σάρκας (Muraccioli *et al.*, 2000).

1.5.9 Η εκτροφή του μαγιάτικου

Στην Ευρώπη (κύρια στη Μεσόγειο) το μαγιάτικο εκτρέφεται από το 1980 (Porrello *et al.*, 1993; Garcia and Diaz, 1995), ενώ το 1994 παρήχθησαν 30 τόνοι (Garcia and Diaz, 1995; Garibaldi, 1996). Σύμφωνα με τον Nadaka (2002), η μέγιστη οικονομική απόδοση και αύξηση του μαγιάτικου επιτυγχάνεται όταν το εύρος της θερμοκρασίας κυμαίνεται μεταξύ 18 με 31 °C και 22 με 27 °C, αντίστοιχα. Ενώ, σύμφωνα με τον Divanach (Suquet *et al.*, 2002), η βέλτιστη θερμοκρασία αύξησης

είναι μεταξύ 16 και 22 °C. Στις περισσότερες εμπορικές καλλιέργειες του *S. dumerili* η τροφή τους αποτελείται κύρια από κατεψυγμένο, χαμηλού κόστους ακατέργαστο ψάρι, όπως είναι το *Sardinella aurita*, το *Boops boops*, το *Spicara manea*, το *Trachurus trachurus*, το *Scomber scombrus*, *Engraulis encrasicolus* και το *Sardina pilchardus* (Garcia and Diaz, 1995; Garcia-Gomez, 2000). Η ημερήσια συχνότητα τροφοληψίας στο μαγιάτικο πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά μια ή δυο φορές σε σχέση με αυτή του *S. quinqueradiata*, καθώς ο χρόνος εκκένωσης του στομαχιού του είναι γρηγορότερος (Nakada, 2002). Οι Papandroulakis *et al.*, 2005 υποθέτουν πως η συχνή παροχή τροφής κατά τη διάρκεια της νύχτας θα μπορούσε να αυξήσει τις παραγωγικές αποδόσεις.

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εκτροφή του *S. dumerili* είναι η αναπαραγωγική ωρίμανση και η αυθόρμητη ωοτοκία (spontaneous spawning) (Marino *et al.*, 1995a,b; Mylonas *et al.*, 2004). Η εμπορική εκτροφή αυτού του είδους βασίζεται στην συλλογή νυμφών από το φυσικό τους περιβάλλον, ενώ η έρευνα για την αναπαραγωγή έχει κύρια επικεντρωθεί στην χορήγηση ορμονών σε άγρια, γενετικά ώριμα ψάρια (Tachihara *et al.*, 1993; Lazzari *et al.*, 2000; Mazzola *et al.*, 2000; Pastor *et al.*, 2000; Kozul *et al.*, 2001a; Mylonas *et al.*, 2004). Στην Ευρώπη μόλις πρόσφατα πραγματοποιήθηκε η αναπαραγωγή του είδους υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Kawabe *et al.*, 1996; Mylonas *et al.*, 2004; Jerez *et al.*, 2006), σε αντίθεση με την Ιαπωνία όπου ο έλεγχος της αναπαραγωγής είναι εφικτός από το 1979 (Garcia and Diaz, 1995). Έτσι, δείχθηκε πως εμφυτεύματα GnRha (gonadotropin releasing-hormone agonist) έχουν θετικά αποτελέσματα στην ωρίμανση και την αναπαραγωγή, αποφεύγοντας έτσι τον υπερβολικό χειρισμό των ψαριών (Mylonas *et al.*, 2004). Μια άλλη μελέτη έδειξε πως η χρήση μεγάλων σε όγκο καναλόμορφων δεξαμενών (raceways) (500 m³) βελτιώνουν την προσαρμογή και τη φυσική αναπαραγωγή του είδους (Jerez *et al.*, 2006). Ενώ οι Takemura *et al.* (1999) έδειξαν πως στο μαγιάτικο τα επίπεδα βιτελογενίνης (VTG) στη βλέννα του δέρματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των αναπαραγωγικών σταδίων των γεννητόρων.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που περιορίζει την ανάπτυξη της καλλιέργειας του είδους σε εμπορική κλίμακα, αφορά στην εκτροφή των νυμφικών σταδίων. Το ποσοστό επιβίωσης για στο γένος δε ξεπερνά το 20% (El-Zibdeh *et al.*, 1996; Papandroulakis *et al.*, 2005) και οφείλεται στην πρόωρη μείωση των λιπιδιακών αποθεμάτων (El-Zibdeh *et al.*, 1996; Papandroulakis *et al.*, 2005), στις σκελετικές μορφο-ανατομικές παραμορφώσεις και στον κανιβαλισμό (Sawada *et al.*, 2006). Στο

S. quinqueradiata το ποσοστό επιβίωσης είναι 9% (Benetti *et al.*, 2001), ενώ στο *S. lalandi* κυμαίνεται μεταξύ 0.3-2.1% (Tachihara *et al.*, 1997). Στο *S. mazatlana* ο μέσος όρος επιβίωσης μέχρι 21-28 dph βρέθηκε να είναι 30%, ενώ μετά την μεταμόρφωση το ποσοστό επιβίωσης είναι μικρότερο του 1% (Benetti, 1997). Πρέπει να τονιστεί, πως για την επιτυχή διάδοση ενός είδους η νυμφική εκτροφή θεωρείται από τα πιο κρίσιμα στάδια (Dhert *et al.*, 1998; Divanach and Kentouri, 2000; Shields, 2001) και ως εκ τούτου η ανάπτυξη κατάλληλων εργαλείων είναι αναγκαία (Papandroulakis *et al.*, 2005).

1.5.10 Το μαγιάτικο στη διεθνή βιβλιογραφία

Συνοψίζοντας, οι υπάρχουσες μελέτες για το είδος έχουν κύρια ασχοληθεί με την διατροφή (Andaloro, 1995; Badalamenti *et al.*, 1995; Matallanas *et al.*, 1995; Pipitone and Sanderson *et al.*, 1996; Andaloro and Pipitone, 1997; Jover *et al.*, 1999; Garcia-Gomez, 2000; Talbot *et al.*, 2000; Skaramuca, 2001b; Παπαδάκης, 2004; Tomas *et al.*, 2005; Limin *et al.*, 2006; Takakuwa *et al.*, 2006; Papadakis *et al.*, 2007), την εκτροφή (Cavaliere *et al.*, 1989; Lazzari and Barbera, 1989b; Porrello *et al.*, 1993; Garcia and Dia, 1995; ; Kawabe *et al.*, 1996; Muraccioli *et al.*, 2000; Lazzari *et al.*, 2000; Mazzola *et al.*, 2000; Nakada, 2000, 2002; Papandroulakis *et al.*, 2005), την αναπαραγωγική βιολογία (Lazzari and Barbera, 1989a; Grau, 1992; Manganaro *et al.*, 1993; Micale *et al.*, 1993, 1999; Marino *et al.*, 1995a,b, 1999; Grau *et al.*, 1996; Garcia-Hernandez *et al.*, 1997; Lazzari *et al.*, 2000; Muraccioli *et al.*, 2000; Kozul *et al.*, 2001a; Garcia Hernandez *et al.*, 2002a, 2002b; Maricchiolo *et al.*, 2002; Mandlich *et al.*, 2004; de la Gandara and Garcia-Gomez, 2004; Harris, 2004; Mandich *et al.*, 2004; MRRI, 2004; Mylonas *et al.*, 2004; Jerez *et al.*, 2006) και την παθολογία (Crespo *et al.*, 1990, 1994; Grau and Crespo, 1991; Grau, 1992; Grau *et al.*, 1999; Whittington *et al.*, 2001; Alcaide, 2003; Bartoli and Bray, 2004, 2005; Bartoli *et al.*, 2004, 2005; Montero *et al.*, 2004; Ernst *et al.*, 2005). Ενώ, μπορεί να βρει κανείς βιβλιογραφία για το είδος που σχετίζεται με την γενετική (Renshaw *et al.*, 2007), την κυτταρογενετική (cytogenetic) (Sola *et al.*, 1997), την ανοσοκυτταροχημεία (immunocytochemical) (Owada *et al.*, 1985; Garcia-Ayala *et al.*, 1998), τις παραμορφώσεις (Sawada *et al.*, 2006), τους ρυθμούς κατανάλωσης οξυγόνου (de la Gandara *et al.*, 2002, 2004), τις ρυπογόνες ουσίες (Jebali *et al.*, 2006) και την

οστεολογία (Liu, 2001). Τέλος, πολυάριθμες εκθέσεις είναι διαθέσιμες όσον αφορά την ηλικία, την αύξηση και την θνησιμότητα του μαγιάτικου στο φυσικό περιβάλλον (Andaloro *et al.*, 1992; Manooch and Potts, 1997a,b; Schirripa and Burns, 1997; Thompson *et al.*, 1998; Kozul *et al.*, 2001b; Skaramuca *et al.*, 2001a; McGovern *et al.*, 2002; Harris, 2004; MRRI, 2004; Wells *et al.*, 2004).

1.6 Τεχνολογίες εκτροφής - Μεσόκοσμος

Σήμερα, το εύρος των διαθέσιμων τεχνολογιών εκτροφής είναι μεγάλο (Garcia and Diaz, 1995; Tachihara *et al.*, 1997; Divanach and Kentouri, 2000; Mylonas *et al.*, 2004). Η κύρια κατηγοριοποίησή τους βασίζεται στην πυκνότητα εκτροφής (εντατική, εκτατική) και τη χρήση ή μη φυτοπλαγκτονικών οργανισμών στο μέσο εκτροφής (διαυγές, πράσινο και ψευδο-πράσινο νερό) (Divanach and Kentouri, 2000). Στις εντατικές καλλιέργειες, οι νύμφες εκτρέφονται σε υψηλές ιχθυοφορτήσεις και κάτω από αυστηρές συνθήκες, ενώ προαπαιτείται η γνώση των ειδικών βιολογικών αναγκών τους. Αντίθετα, στις εκτατικές καλλιέργειες οι νύμφες εκτρέφονται σε χαμηλές πυκνότητες και σε μεγάλες δεξαμενές, κάτω από πιο «φυσικές» συνθήκες.

Ο μεσόκοσμος είναι μια ημι-εντατική τεχνολογία μαζικής παραγωγής, η οποία βασίζεται στον συνδυασμό μιας ενδογενούς και εξωγενούς πηγής θηραμάτων (Divanach and Kentouri, 2000; Lee, 2003; Papandroulakis *et al.*, 2004). Πρόκειται για μια σχετικά πρόσφατη μέθοδο, που ορίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90 μετά τη μελέτη των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των πρώτων εφαρμοσμένων μεθόδων (Divanach, 1985; Kentouri, 1985; Lalli, 1990). Υπάρχουν δυο παραλλαγές του μεσόκοσμου, ανάλογα με την προέλευση και την ποιότητα της τροφικής αλυσίδας (Divanach and Kentouri, 2000; Papandroulakis *et al.*, 2005). Στην εκτατική της μορφή, η τροφική αλυσίδα είναι κύρια ενδογενής και συμπληρώνεται με εξωγενή εισαγωγή ζωοπλαγκτονικών οργανισμών όταν εμφανίζονται συμπτώματα υπερκατανάλωσης. Στην εντατική της μορφή, η τροφική αλυσίδα είναι κύρια εξωγενής, αλλά παρουσιάζει μια περιορισμένη ικανότητα ενδογενούς παραγωγής λόγω της χαμηλής πυκνότητας των νυμφών και την παρουσία του φυτοπλαγκτού. Η τροφή (ενδογενής και εξωγενής) ανταποκρίνεται στις ενεργειακές ανάγκες της νύμφης, ενώ ελαχιστοποιεί την πιθανότητα ανεπαρκούς ποιότητας ή τον κίνδυνο υπερκατανάλωσης της τροφικής αλυσίδας.

Η πρώτη εν μέρει επιτυχής νυμφική εκτροφή του μαγιάτικου στη Μεσόγειο πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των μεσοκόσμων (Papandroulakis *et al.*, 2005). Οι νύμφες προήλθαν από γεννήτορες εκτροφής (μετά από εμφύτευση GnRHα (Mylonas *et al.*, 2004)). 9800 αυγά επιβίωσαν μετά την εμφάνιση του εμβρύου, ενώ ο τελικός πληθυσμός στο τέλος της νυμφικής εκτροφής ήταν περίπου 350 άτομα (3.5% επιβίωση).

1.7 Οντογένεση

1.7.1 Γενικά στοιχεία

Η οντογένεση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία αύξησης (αλλαγή του μεγέθους με την ηλικία) και ανάπτυξης (διαφοροποίηση και ωρίμανση των κυττάρων, ιστών, οργάνων και συστημάτων) των ψαριών (Chambers and Leggett, 1987). Παρατηρούνται, λοιπόν, μεγάλες αλλαγές στο σχήμα του σώματος, στην μορφολογία, στον μεταβολισμό, στην ικανότητα κολύμβησης και στην συμπεριφορά των νυμφών, στην προσπάθεια τους να μεταμορφωθούν σε ιχθύδια ή ενήλικα άτομα (Osse and van de Boogart, 1995; van Snik *et al.*, 1997; Gisbert, 1999; Koumoundouros *et al.*, 1999a). Η αλλαγή του σχήματος του σώματος είναι αποτέλεσμα της αύξησης των τμημάτων του σώματος με διαφορετικούς σχετικούς ρυθμούς (Fuiman, 1983; Gould, 1966) και οδηγεί σε χαρακτηριστικές μορφολογίες και πρότυπα αλλομετρικής αύξησης. Επίσης, αντανακλά την στενή σχέση μεταξύ της οντογένεσης, της μορφολογίας και των λειτουργιών. Συσχετίζεται με τις δραματικές αλλαγές στην εσωτερική ανατομία, στην ηθολογία, στη φυσιολογία, στον μεταβολισμό και στις διατροφικές προτιμήσεις (Kendall *et al.*, 1984; Dhert *et al.*, 1990). Έτσι, η γνώση της φυσιολογικής οντογένεσης ενός είδους είναι σημαντική καθώς συμβάλλει στην κατανόηση των βιολογικών απαιτήσεων ενός είδους για κάθε αναπτυξιακό στάδιο.

Η διερεύνηση του φυσιολογικού πρότυπου οντογένεσης είναι σημαντική όχι μόνο για την βασική εμβρυολογία, αλλά και για την εφαρμογή τους στην αλιεία και στις υδατοκαλλιέργειες καθώς χρησιμεύει στην κατανόηση των λειτουργικών τάσεων και των περιβαλλοντικών προτιμήσεων των διαφορετικών αναπτυξιακών σταδίων (Fukuhara, 1992). Ερευνητικά αποτελέσματα, αποκάλυψαν την ύπαρξη μιας αξιοσημείωτης πλαστικότητας καθ' όλη την οντογενετική περίοδο μέχρι τη

μεταμόρφωση, κυρίως όσον αφορά το αναπτυξιακό πρότυπο που ακολουθούν οι εκτρεφόμενοι πληθυσμοί υπό διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Koumoundouros *et al.*, 1995, 1999a, 2001a; Johnston *et al.*, 2001; Hall and Johnston, 2003; Sfakianakis *et al.*, 2004). Το πρότυπο οντογένεσης των ψαριών επηρεάζεται μερικώς από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ως προς το ρυθμό αύξησης, διαφοροποίησης και μεταβολισμού (Fukuhara, 1990; Polo *et al.*, 1991; Walsh *et al.*, 1991; Gibson and Johnston 1995, Lein *et al.*, 1997; Fuiman *et al.*, 1998; Koumoundouros *et al.*, 2001a; Hall and Johnston, 2003; Sfakianakis *et al.*, 2004), την ικανότητα κολύμβησης (Batty *et al.*, 1993; Fuiman and Batty, 1997; Dickson *et al.*, 2002; Koumoundouros *et al.*, 2002; von Herbing, 2002; Wilson *et al.*, 2002; Franklin *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003; MacNutt *et al.*, 2004), το σχήμα του σώματος (Wimberger, 1992; Corti *et al.*, 1996; Tudela, 1999; Pakkasmaa and Piironen, 2001; Koumoundouros *et al.*, 2001b; Cabral *et al.*, 2003; Silva, 2003; Turan, 2004; Λέρης, 2006; Georgakopoulou *et al.*, 2007a), τους μεριστικούς χαρακτήρες (Leary *et al.*, 1985; Blaxter, 1992; Kinsey *et al.*, 1994; Tudela, 1999; O'Reilly and Horn, 2004; Turan, 2004; Ditty *et al.*, 2005; Λάγκη, 2005; Georgakopoulou *et al.*, 2007a) και την οντογένεση του μυοσκελετικού συστήματος (Blaxter, 1992; Fuiman *et al.*, 1998; Galloway *et al.*, 1999; Wilkes *et al.*, 2001).

1.7.2 Οστεολογική ανάπτυξη

Ειδικότερα η διαδικασία της σκελετογένεσης, σύμφωνα με τους Hall and Miyake (2000), χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις: Η πρώτη είναι η μετανάστευση των κυττάρων στην περιοχή της μελλοντικής ύπαρξης σκελετού, η δεύτερη είναι οι αλληλεπιδράσεις των μυών (επιθυλιακοί-μεσοδερμικοί), η τρίτη είναι η συμπύκνωση (condensation) και η τέταρτη φάση είναι η διαφοροποίηση των χονδροβλαστών και των οστεοβλαστών. Κάθε φάση περιλαμβάνει διαφορετικές κυτταρικές διαδικασίες (μετανάστευση, προσκόλληση, εξάπλωση-πολλαπλασιασμός και ανάπτυξη) και ξεχωριστούς γενετικούς ελέγχους.

Η οστεολογική ανάπτυξη αποτελεί εργαλείο για την αναγνώριση, τη συστηματική και την εύρεση φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών (Dunn, 1984; Potthoff *et al.*, 1986, 1987; Watson and Walker, 1992; Potthoff and Tellock, 1993; Doiuchi *et al.*, 2004). Τα τελευταία χρόνια έχουν διεκπεραιωθεί αρκετές μελέτες που αφορούν την περιγραφή της φυσιολογικής ανάπτυξης του σκελετού των

ψαριών (*S. aurata*, Koumoundouros *et al.* 1997a; Faustino and Power 1998, 1999, *S. solea*, Wagemans and Vandewalle 1999, *D. dentex*, Koumoundouros *et al.* 1999b, 2000, 2001c, *D. sargus*, Koumoundouros *et al.*, 2001d, *S. dumerili*, Liu, 2001, *P. erythrinus*, Sfakianakis *et al.*, 2004, *D. puntazzo*, Sfakianakis *et al.*, 2005, *Umbrina cirrosa*, Νεοφύτου, 2005).

Η οστεολογική ανάπτυξη μπορεί να επηρεαστεί από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Ahn and Gibson, 1999). Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που έπονται αυτής της επηροής είναι η δημιουργία μορφο-ανατομικών παραμορφώσεων ή δυσπλασιών από τους εξής παράγοντες:

- γενετικοί (Rosenthal and Alderdice, 1976; Sindermann, 1990; Bengtsson *et al.*, 1998; Fisher and Halpern, 1999; Afonso *et al.*, 2000; Hall and Miyake, 2000; Gjerde *et al.*, 2005; Ren *et al.*, 2006)
- ή/και περιβαλλοντικοί (Bengtsson, 1979; Sloof, 1982; Sato *et al.*, 1983; Bolla and Holmefjord, 1988; Wiegand *et al.*, 1989; Polo *et al.*, 1991; Kanazawa *et al.*, 1992; McConnell and Barrows, 1993; Boglione *et al.*, 1994; Takeuchi *et al.*, 1995; Pavlov and Moksness, 1996; Divanach *et al.*, 1997; Koumoundouros *et al.*, 1997a,b, 2001b; Lein *et al.*, 1997; Dedi *et al.*, 1998; Κουμουνδούρος, 1998; Madsen and Dalsgaard, 1999; Wang and Tsai, 2000; Haga *et al.*, 2002; Kihara *et al.*, 2002; Cahu, 2003; Σφακιανάκης, 2003; Abdel *et al.*, 2004; Tiwary and Ray, 2004; Sfakianakis *et al.*, 2004; Λάγκη, 2005; Νεοφύτου, 2005; Wargelius *et al.*, 2005; Wery *et al.*, 2005; Imsland *et al.*, 2006; Georgakopoulou *et al.*, 2007b; Lall and Lewis-McCrea, 2007).

Μελέτες έδειξαν ότι οι παραμορφώσεις δημιουργούνται σε πρώιμα στάδια κατά την εμβρυϊκή και νυμφική περίοδο ζωής (Daoulas *et al.*, 1991; Polo *et al.*, 1991; Andrades *et al.*, 1996; Pavlov and Moksness, 1996; Divanach *et al.*, 1996; Koumoundouros *et al.*, 1997a,b; Sfakianakis *et al.*, 2004) και δεν είναι ειδο-ειδική (Divanach *et al.*, 1996). Αποτελούν ένα από τα κυριότερα προβλήματα των ιχθυοκαλλιεργειών καθώς μπορούν να απαντηθούν σε υψηλό ποσοστό και έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της βιολογικής ικανότητας των ψαριών (αύξηση, επιβίωση και ευπάθεια σε ασθένειες) και την αλλοίωση της εξωτερικής μορφολογίας τους, που έχει ως συνέπεια τη μείωση της εμπορικής τους αξίας (Boglione *et al.*, 1994; Chatain, 1994a; Koumoundouros *et al.*, 1997a,b; Κουμουνδούρος, 1998; Abdel *et al.*, 2004).

1.8 Σκοπός

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη, η καταγραφή και η ακριβής περιγραφή της οντογένεσης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων του μαγιάτικου υπό συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής (μέθοδος του μεσοκόσμου) κατά τα κρίσιμα αναπτυξιακά στάδια. Δηλαδή, από το στάδιο των λεκιθοφόρων νυμφών μέχρι το στάδιο των ιχθυδίων.

2. Υλικά και Μέθοδοι

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Κρήτης. Τα δείγματα πάρθηκαν από μια νυμφική εκτροφή που πραγματοποιήθηκε στο Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών στο Ηράκλειο της Κρήτης (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε).

2.1 Εκτροφή

Για την εκτροφή των ατόμων που θα χρησίμευαν σαν πρότυπο ανάπτυξης, χρησιμοποιήθηκε η ημι-εντατική μέθοδος του μεσοκόσμου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο μαγιάτικο από τους Papandroulakis *et al.* (2005) και το πρωτόκολλο της παρούσας νυμφικής εκτροφής ήταν παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην παραπάνω μελέτη. Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως τα αυγά προήλθαν από απόθεμα γεννητόρων του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε, στους οποίους εφαρμόστηκε μέθοδος τεχνητής επαγωγής ωοτοκίας με ορμονική θεραπεία (εμφυτεύματα GnRHα) (όπως περιγράφεται από Mylonas *et al.*, 2004).

2.2 Δειγματοληψία, συντήρηση, χρώση και φωτογράφιση των δειγμάτων

Τα δείγματα, για την μελέτη της οστεολογικής ανάπτυξης, λαμβάνονταν καθημερινά μέχρι και την 10 dph, στη συνέχεια κάθε 2 ημέρες (26 dph). Τα ψάρια αναισθητοποιούνται με Ethylenglycolmonophenylether (Merk, 0.2-0.5 ml l⁻¹ συντηρούνται μαζί σε ρυθμιστικό διάλυμα φορμαλίνης 5% (pH=7,2) (Taylor and Van Dyke, 1985) και αποθηκεύονται σε σκοτεινό χώρο σε θερμοκρασία δωματίου.

Τα ολικά μήκη των ατόμων μετρήθηκαν περίπου 6 μήνες μετά από τη συντήρησή τους με ακρίβεια 0.1 του χιλιοστού, σε στερεοσκόπιο “Olympus SZX-ILLD200”. Στη συνέχεια, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε διπλή χρώση Αλιζαρίνης – Κυανού της Αλσατίας (τροποποιημένη μέθοδο των Park and Kim, 1984) ώστε να γίνει δυνατή η μελέτη του σκελετού τους. Η Αλιζαρίνη βάφει με ερυθρό χρώμα όλα τα μεμβρανικά οστά καθώς και τα οστά αντικατάστασης που βρίσκονται σε διαδικασία οστεοποίησης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του ασβεστίου σε κάποια από αυτές τις δομές, τόσο πιο έντονη είναι η δράση της συγκεκριμένης χρωστικής. Αντίστοιχα, το Κυανό της Αλσατίας βάφει με χρώμα κυανό τα οστά

αντικατάστασης, στα οποία δεν έχει αρχίσει η διαδικασία οστεοποίησης. Ο συνολικός αριθμός ατόμων που χρωματίστηκαν ατομικά ήταν 141 και το εύρος των μηκών κυμάνθηκε από 3.9 έως 27.0 mm TL.

Η ορολογία που χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή της οστεολογίας προέρχεται από τον Κουμουνδούρο (1998) και Σφακιανάκη (2000). Η αρίθμηση των επιμέρους στοιχείων του σκελετού έγινε από το κεφάλι προς την ουρά, από το ραχιαίο προς το εδρικό ή με κατεύθυνση προς το κέντρο του επιμήκους άξονα του σώματος. Εξετάστηκε η οντογένεση όλων των οστών της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων (ραχιαίο, εδρικό, ουραίο, θωρακικά και κοιλιακά). Η οστεολογική ανάπτυξη αναλύθηκε με τρεις προσεγγίσεις: 1) ανάλυση της σειράς εμφάνισης όλων των σκελετικών δομών στις μελετούμενες περιοχές, 2) αριθμητική πρόοδο των δομών και 3) καταγραφή της οστεολογικής κατάστασης των δομών (χόνδρινη, οστεοποιούμενη ή οστεοποιημένη). Ενώ, το μήκος που χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς για την οντογένεση ήταν εκείνο όπου το μικρότερο άτομο εμφάνιζε το υπό μελέτη χαρακτηριστικό.

Η παρατήρηση των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια στερεοσκοπικού μικροσκοπίου (Olympus SZX-ILLD200), ενώ στη συνέχεια λήφθηκαν φωτογραφίες με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή “Olympus Camedia C-3030Zoom” προσαρμοσμένη στο στερεοσκόπιο υπό συνθήκες διερχόμενου και/ή προσπίπτοντος φωτισμού. Από τις φωτογραφίες που πάρθηκαν κατά την μελέτη της οστεολογικής ανάπτυξης έγιναν σχέδια σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, χρησιμοποιώντας το λειτουργικό πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας CorelDraw 12.

Τέλος, η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βοήθεια του προγράμματος Excel του Microsoft Office.

3. Αποτελέσματα

3.1 Σπονδυλική στήλη

Η σπονδυλική στήλη αποτελείται από τα κέντρα των σπονδύλων (U), τις νευρικές και αιματικές αποφύσεις (NS και HS, αντίστοιχα), τις κοιλιακές και νωτιαίες πλευρές (Pr και Drl, αντίστοιχα) και τέλος από τις βασαιοφύσεις (Pr). Από τα παραπάνω οστά, τα κέντρα των σπονδύλων και οι νωτιαίες πλευρές είναι μεμβρανικά, ενώ τα υπόλοιπα είναι οστά αντικατάστασης.

Το *S. dumerili* έχει 23 κέντρα σπονδύλων και στο τέλος αυτών υπάρχει το ουρόστυλο (Ur). Ο συνολικός αριθμός των νευρικών και των αιματικών αποφύσεων είναι 23 και 13 αντίστοιχα, ενώ κάθε μια από αυτές αποτελείται από ένα τόξο και μία άκανθα. Κάθε τόξο σχηματίζεται σαν ένα αμφίπλευρο ζεύγος χόνδρων, οι οποίοι επιμηκύνονται και τελικά συντήκονται στο πάνω μέρος τους. Στην συνέχεια ακολουθεί ο σχηματισμός των ακάνθων, όπου έχουμε την επιμήκυνση του άπω άκρου κάθε τόξου. Κάθε νευρική απόφυση προσφύεται στη νωτιαία πλευρά καθενός από τους 23 σπονδύλους και η άκρη του τόξου της “αγκαλιάζει” τον σπόνδυλο και από τις δύο πλευρές. Η 23^η νευρική απόφυση αποτελεί ένα τροποποιημένο τόξο, το οποίο δεν φέρει άκανθα και συμβολίζεται ως “Na”. Οι αιματικές αποφύσεις προσφύονται στην κοιλιακή πλευρά των σπονδύλων U11-U23, ενώ οι κοιλιακές πλευρές απαρτίζονται από 8 ζεύγη που προσφύονται στα κέντρα των σπονδύλων U3-U10. Τα πρώτα 2 ζεύγη αρθρώνονται πλευρικά στους σπονδύλους ενώ τα υπόλοιπα 6 αρθρώνονται στις βασαιοφύσεις.

Η οντογένεση της σπονδυλικής στήλης ξεκινάει με την εμφάνιση ενός κέντρου ανάπτυξης. Αρχικά έχουμε την εμφάνιση των NS1-NS2 στα 4.6 mm TL, ενώ στη συνέχεια σχηματίζονται τα HS3-HS5 στα 4.8 mm TL. Τα NS εμφανίζουν οπίσθια ανάπτυξη, ενώ τα HS εξελίσσονται τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια. Έτσι, για τις νευρικές αποφύσεις έχουμε τον σταδιακό σχηματισμό τους, με τα NS3-NS6 να σχηματίζονται στα 4.8 mm TL, τα NS7-NS12 στα 4.9 mm TL, τα NS12-NS18 στα 5.3 mm TL, τα NS19-NS21 στα 5.5 mm TL, το NS22 στα 5.8 mm TL και τέλος του “Na” στα 6.3 mm TL. Ο σχηματισμός των υπόλοιπων αιματικών αποφύσεων ξεκινάει για τα HS1-HS2 και τα HS6-HS9 στα 4.9 mm TL, τα HS10-HS11 στα 5.8 mm TL και τα HS11-HS13 στα 6.0 mm TL.

Η πρώτη εναπόθεση ασβεστίου στα NS ξεκινάει με τα NS1-NS4 στα 4.8 mm TL, τα NS5-NS6 στα 4.9 mm TL, τα NS7-NS11 μεταξύ 5.1 και 5.5 mm TL, τα NS12-

NS18 στα 5.5 mm TL, NS19 στα 5.8 mm TL, το NS20 στα 6.3 mm TL, τα NS21-NS22 στα 7.0 mm TL και το “Na” στα 7.2 mm TL. Έτσι, για τις νευρικές αποφύσεις φαίνεται πως το πρότυπο και η σειρά ασβεστοποίησης ακολουθούν την σειρά εμφάνισης των χόνδρινων δομών. Η διαδικασία οστεοποίησης των NS1-NS4 και NS12-NS18 φαίνεται να είναι πιο γρήγορη σε σχέση με αυτή των NS5-NS11, των NS19-NS22 και του “Na”, πράγμα που είναι ιδιαίτερα εμφανή σε άτομα μεταξύ 5.5 και 6 mm TL. Το πρώτο πλήρες οστεοποιημένο NS είναι το NS1 στα 9.1 mm TL και τα τελευταία είναι το Na και το NS22 (21.1 και 23.8 mm TL, αντίστοιχα).

Η διαδικασία ασβεστοποίησης των αιματικών αποφύσεων ξεκινάει με τα HS1-HS6 μετά τα 5.3 mm TL. Η οστεοποίηση των υπόλοιπων HS έχει μια σταδιακή οπίσθια κατεύθυνση. Η εναπόθεση ασβεστίου ξεκινάει για το HS7 στα 5.5 mm TL, το HS8 στα 5.8 mm TL, το HS9 στα 6 mm TL, το HS10 στα 6.2 mm TL, το HS11 στα 7 mm TL, και τα HS12-HS13 στα 7.2 mm TL. Πλήρη ασβεστοποίηση των HS3-HS4 έχουμε μετά τα 9.1 mm TL, ενώ μέχρι το τέλος της παρούσας μελέτης (27.0 mm TL) τα HS12 και HS13 διατηρούν στο οπίσθιο τμήμα τους μια χόνδρινη ζώνη.

Η ανάπτυξη των κέντρων των σπονδύλων ξεκινάει με τα U1-U3 στα 4.8 mm TL και έχει ουραία κατεύθυνση. Ξεκάθαρος είναι ο σχηματισμός των κέντρων των σπονδύλων U18-U23, όπου έχουμε την ανάπτυξη του U18 στα 5.9 mm TL, του U19 στα 6 mm TL, του U20 στα 6.1 mm TL, του U21 στα 6.5 mm TL, του U22 στα 7.2 mm TL και τέλος του U23 στα 7.3 mm TL. Η εναπόθεση ασβεστίου στα U1-U19 εξελίσσεται νωτιαία, ενώ στα U20-U23 παρατηρείται μια ταυτόχρονη εναπόθεση νωτιαία και κοιλιακά, δηλαδή από πάνω προς τα κάτω και από κάτω προς τα πάνω. Φαίνεται, επίσης, πως τα U1-U2 ασβεστοποιούνται με πιο αργούς ρυθμούς απ’ ότι τα U3-U19. Ο πλήρης σχηματισμός των 23 κέντρων των σπονδύλων πραγματοποιείται στα 12.5 mm TL. Το ουρόστυλο εμφανίζεται αρχικά ως προουραίο κέντρο 1 με τη μορφή ενός δακτυλίου στο ύψος του Hy1 (βλέπε ενότητα 3.2.1.) στα 7.0 mm TL, η εναπόθεση ασβεστίου έχει φορά τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια και ο σχηματισμός του παρατηρείται μετά από το U21 και πριν από το U22. Ένας δεύτερος δακτύλιος, το ουραίο κέντρο (ural centrum), σχηματίζεται σταδιακά στο ύψος του Hy3 μεταξύ 7.3-7.8 mm TL, ενώ πλήρη σύντηξη των ουραίων κέντρων τους παρατηρείται μετά τα 8.0 mm TL. Ο πλήρης σχηματισμός του ουρόστυλου παρατηρείται στα 8.8 mm TL.

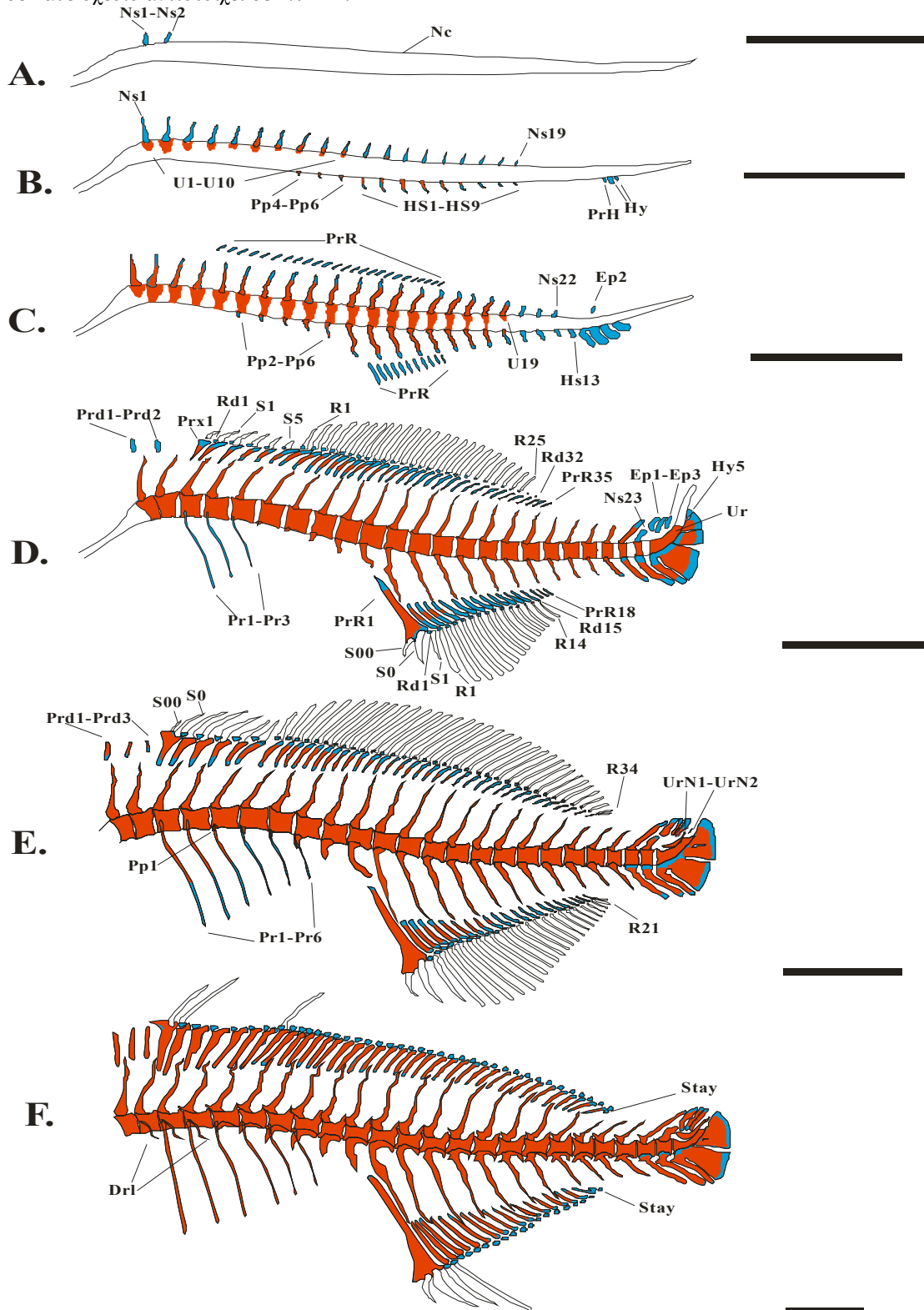
Τα ζεύγη των βασαποφύσεων παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 5.1 mm TL και είναι σε κατάσταση οστεοποίησης. Η οστεοποίηση των Pp’s έχει πρόσθια κατεύθυνση, ξεκινάει από το Pp6 (5.1 mm TL) και συνεχίζει με τα Pp5 και Pp4 στα

5.3 mm TL, το Pr3 στα 5.5 mm TL, το Pr2 στα 5.9 mm TL και τέλος το Pr1 στα 7.0 mm TL. Πλήρη ασβεστοποίηση των Pr's έχουμε για πρώτη φορά στα 11.0 mm TL.

Οι κοιλιακές πλευρές παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 7.3 mm TL (1-4 Pr), αναπτύσσονται με ουραία κατεύθυνση και φαίνεται να ολοκληρώνονται μετά τα 17.0 mm TL (1-8 Pr). Τα Pr1-Pr2 προσφύονται στις πλευρικές αποφύσεις των U3 και U4, ενώ τα Pr3-Pr8 αρθρώνονται στις βασαιοφύσεις των προαιματικών σπονδύλων 4 έως 10. Η οστεοποίηση τους ξεκινάει με τα Pr1-Pr2 στα 9.1 mm TL, στη συνέχεια έχουμε την ασβεστοποίηση του Pr3 στα 9.5 mm TL, των Pr4-Pr5 στα 10.1 mm TL, του Pr6 στα 14.9 mm TL και του Pr7 στα 17.0 mm TL, ενώ δε φαίνεται να έχει αρχίσει η οστεοποίηση του Pr8 στο τέλος της παρούσας μελέτης. Η πλήρης οστεοποίηση τους δεν έχει ολοκληρωθεί ως το τέλος του μελετούμενου αναπτυξιακού φάσματος (27.0 mm TL).

Οι πρώτες νωτιαίες πλευρές εμφανίζονται στους δυο πρώτους σπονδύλους στα 14.0 mm TL. Το τρίτο ζεύγος των νωτιαίων πλευρών εμφανίζεται στον τρίτο σπόνδυλο (14.3 mm TL), ενώ το Drl4 αναπτύσσεται στον τέταρτο σπόνδυλο (15.6 mm TL). Μέχρι το τέλος της μελέτης ο μέγιστος αριθμός Drl που παρατηρήθηκε ήταν 12 (21.9 mm TL). Τα δύο πρώτα ζεύγη αρθρώνονται σε πλευρονωτιαίες αποφύσεις, ενώ τα υπόλοιπα εννέα με τις πλευρικές αποφύσεις άρθρωσης των κοιλιακών πλευρών.

Εικόνα 3: Ανάπτυξη της σπονδυλικής στήλης, του ραχιαίου, του εδρικού και του ουραίου πτερυγίου στο μαγιάτικο. Για λόγους ευκρίνειας, οι ακτίνες του ραχιαίου και του εδρικού πτερυγίου στο (F.) δεν απεικονίζονται όλες. Η οστεοποίηση στις ακτίνες των πτερυγίων δεν παρουσιάζεται. Με το κυανό χρώμα δείχνονται οι χόνδρινες δομές, ενώ με το ερυθρό δείχνεται η οστεοποίηση. Drl, νωτιαίες πλευρές. Ep, επουραία. HS, αιματικές αποφύσεις. Hy, υποουραία. Nc, νωτοχορδή. NS, νευρικές αποφύσεις. PCR, ουραία λεπιδιοτρίχια. Pp, βασαιοφύσεις. Pr, κοιλιακές πλευρές. Prd, προραχιαία. PrH, παρυπουραίο. Prx, εγγύς πτερυγιοφόρα. R, λεπιδιοτρίχια. Rd, άπω πτερυγιοφόρα. S, σκληρές ακτίνες. SCR, ουραία δερματοτρίχια U, κέντρα των σπονδύλων. Ur, ουρόστυλο. UrN, ουρονευρικά. Η κλίμακα σε κάθε σχέδιο αντιστοιχεί σε 1.0 mm.



3.2 Πτερύγια

3.2.1 Ουραίο

Το ουραίο πτερύγιο αρχίζει να σχηματίζεται μετά από τα θωρακικά πτερύγια και την πρωτογενή περιφερειακή πτερυγιοπτυχή. Τα οστά που το απαρτίζουν είναι δυο τύπων, τα οστά αντικατάστασης και τα υμενογενή ή μεμβρανικά οστά. Στην πρώτη ομάδα οστών ανήκουν τα υπουραία (Hy), τα επουραία (Ep), το παρυπουραίο (PrH), το NS22, το “Na”, το HS22 και το HS23, ενώ στη δεύτερη ανήκουν το ουρόστυλο, τα προουραία κέντρα 2 και 3 (PU2 και PU3, που αντιστοιχούν στα U23 και U22), οι ουραίες ακτίνες (λεπιδοτρίχια και δερματοτρίχια, PCR και SCR αντίστοιχα) και τα ουρονευρικά (UrN). Άλλα στοιχεία του ουραίου πτερυγίου είναι κάποιοι βοηθητικοί χόνδροι (Ac). Η οντογένεση του ουρόστυλου, των δύο προουραίων κέντρων καθώς και των NS22, “Na”, HS22 και HS23 περιγράφεται στην ενότητα της σπονδυλικής στήλης (3.1).

Η ανάπτυξη του ουραίου πτερυγίου ξεκινάει με τον σχηματισμό του πρώτου υπουραίου (Hy1) στα 4.8 mm TL. Το Hy1 εμφανίζεται υπό τη μορφή ενός μικρού χόνδρου, κοιλιακά του οπίσθιου τμήματος της νωτοχορδής. Το παρυπουραίο (PrH) εμφανίζεται σχεδόν ταυτόχρονα με το υπουραίο 2 (Hy2) στα 5.1 και 5.2 mm TL, αντίστοιχα. Ακολουθεί η ανάπτυξη του Hy3 και του Ep2 (6.0 mm TL), του Hy4 και των Ep1-3 (6.3 mm TL) και τέλος του Hy5 (7.3 mm TL). Το Hy5 σχηματίζεται ακριβώς κάτω από το οπίσθιο άκρο της νωτοχορδής. Αν και κατά το σχηματισμό τους τα οστά είναι πλήρως διαχωρισμένα, στην συνέχεια τα PrH, Hy1 και Hy2 αρχίζουν να συντήκονται στη βάση τους (7.0 mm TL). Κατόπιν, έχουμε τη σύντηξη του Hy3 στα 7.8 mm TL, του Hy4 στα 8.8 mm TL και του Hy5 στα 9.0 mm TL. Αυτή η εικόνα παραμένει ως έχει μέχρι τα 10 mm TL, όπου έχουμε ξανά διαχωρισμό των στηρικτικών οστών του ουραίου πτερυγίου σε δύο ομάδες. Η μία περιλαμβάνει τα PrH, Hy1-2 και η άλλη τα Hy3, Hy4 και Hy5.

Η οστεοποίηση των οστών αντικατάστασης ξεκινάει με τα Hy1 και Hy2 στα 6.3 mm TL. Στη συνέχεια ασβεστοποιούνται τα PrH και Hy3 στα 7.0 mm TL, το Hy4 στα 7.3 mm TL, το Hy5 στα 7.8 mm TL, το Ep1-2 στα 8.0 mm TL και το Ep3 στα 9.2 mm TL. Όλα τα χονδρογενή οστά του ουραίου πτερυγίου (συμπεριλαμβανομένων των HS22 και HS23) διατηρούν, μέχρι και το τέλος του μελετούμενου αναπτυξιακού

σταδίου (27.0 mm TL), μια χόνδρινη ζώνη στο οπίσθιο τμήμα (περιοχή άρθρωσης των ακτινών).

Τα λεπιδοτρίχια (PCR) αρχίζουν να σχηματίζονται ταυτόχρονα μέσω υμενογενούς οστεοποίησης γύρω από τη μέση ουραία γραμμή στα 5.3 mm TL. Η ανάπτυξη τους κατευθύνεται από το μέσο του πτερυγίου προς τις δύο άκρες και ολοκληρώνεται με την δημιουργία 9 άνω λεπιδοτρίχιων στα 7.5 mm TL και 9 κάτω λεπιδοτρίχιων στα 13.5 mm TL. Τα πρώτα δερματοτρίχια (SCR) που σχηματίζονται είναι τα κάτω στα 6.3 mm TL. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα άνω δερματοτρίχια στα 7.3 mm TL. Τα δερματοτρίχια ακολουθούν μια πρόσθια ανάπτυξη και ολοκληρώνονται στον τελικό αριθμό των 11-13 άνω στα 15.6 mm TL και 10 κάτω SCR στα 16 mm TL.

Η οστεοποίηση των ουρονευρικών οστών (UrN) ξεκινάει στα 8.1 mm TL με το UrN1 και συνεχίζεται με το UrN2 στα 9.5 mm TL. Η ολοκλήρωση της οντογένεσής τους λαμβάνει χώρα στα 14.9 mm TL.

Στην ανατομική περιοχή του ουραίου πτερυγίου συμμετέχουν μια σειρά βοηθητικών χόνδρων (Ac), οι οποίοι χρησιμεύουν στη λειτουργική στήριξη των ουραίων ακτινών. Εμφανίζονται σταδιακά και το σύνολο των διαφορετικών χόνδρων που παρατηρήθηκε ήταν 5. Οι περιοχές εμφάνισής τους στο ουραίο πτερύγιο είναι:

Ac1, μεταξύ των άπω άκρων των HS12 και HS13 (8.8 mm TL)

Ac2, πίσω από το άκρο του HS13 (10.3 mm TL)

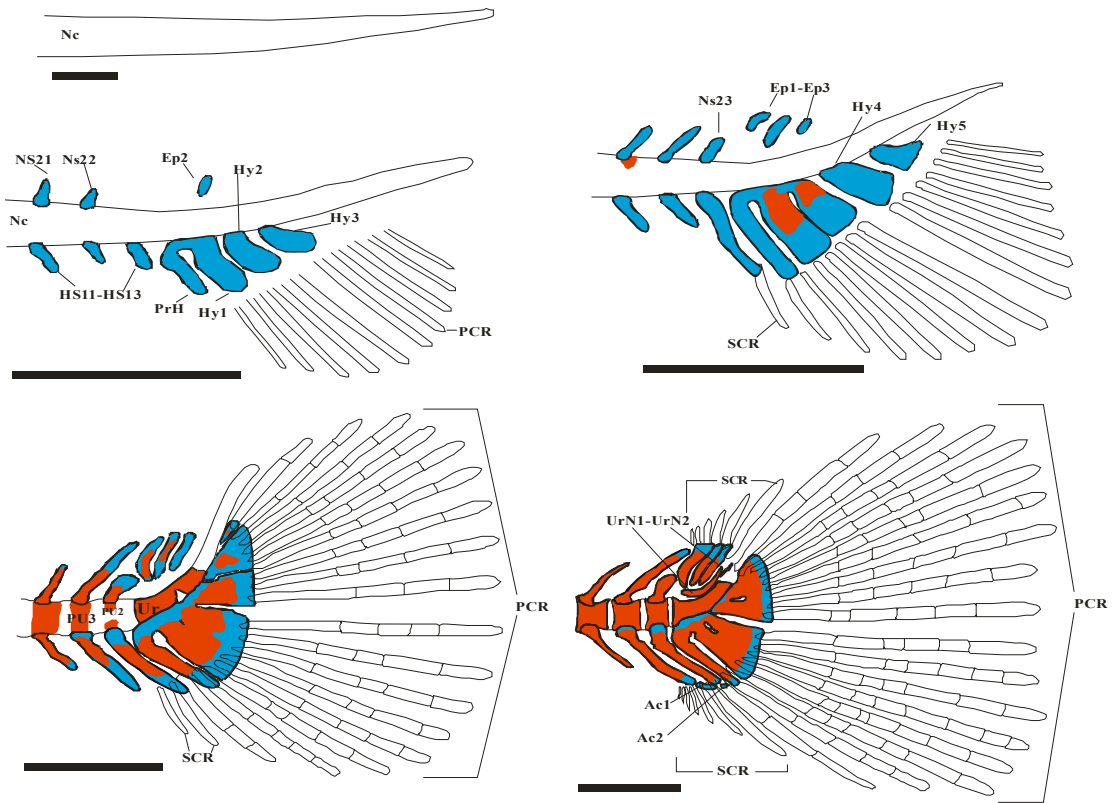
Ac3, πίσω από το άπω άκρο του Hy5 (11.3 mm TL)

Ac4, μεταξύ των Ac1 και Ac2 (11.5 mm TL)

Ac5, κάτω από το άπω άκρο του PrH (13.5 mm TL)

Οι Ac4 και Ac5 δεν παρατηρήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα άτομο.

Εικόνα 4: Ανάπτυξη του ουραίου περυγίου στο μαγιάτικο. Με το κυανό χρώμα δείχνονται οι χόνδρινες δομές, ενώ με το ερυθρό δείχνεται η οστεοποίηση. Hy, υποουραία. Ep, εποουραία. PrH, παρυπουραίο. NS, νευρικές αποφύσεις. HS, αιματικές αποφύσεις. PU2 και PU3, προουραία κέντρα 2 και 3. PCR και SCR, ουραίες ακτίνες (λεπιδοτρίχια και δερματοτρίχια, αντίστοιχα). UrN, ουρνευρικά. Ac, βοηθητικοί χόνδροι. Κάθε κλίμακα αντιστοιχεί σε 0.5 mm TL.



3.2.2 Ραχιαίο

Το ραχιαίο πτερύγιο αποτελείται από τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx), τα άπω πτερυγιοφόρα (Dr), τα προραχιαία οστά (Prd), τις σκληρές ακτίνες (S) και τα λεπιδοτρίχια (R). Τα στοιχεία του ραχιαίου πτερυγίου είναι οστά αντικατάστασης, εξαίρεση αποτελούν τα λεπιδοτρίχια και οι σκληρές ακτίνες που είναι υμενογενή οστά.

Τα πρώτα εγγύς πτερυγιοφόρα παρατηρούνται στα 6.0 mm TL με τα Prx4-Prx25 και ακολουθώντας τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια πορεία σχηματίζονται όλα μετά τα 8.6 mm TL. Ο συνολικός αριθμός τους κυμαίνεται μεταξύ 39 και 41. Η οστεοποίηση τους παρατηρήθηκε ταυτόχρονα στα 19 πρώτα Prx (7.3 mm TL) και ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο με αυτό της εμφάνισης εξαπλώνεται σε όλα τα Prx μετά τα 10.8 mm TL, εντούτοις μόνο το πρώτο Prx ήταν πλήρως οστεοποιημένο στο τέλος του μελετούμενου αναπτυξιακού σταδίου (27.0 mm TL).

Τα άπω πτερυγιοφόρα παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 7.3 mm TL (1-32 Dr's) και μέχρι τα 9.5 mm TL φαίνεται να έχουν σχηματιστεί όλα. Η οστεοποίησή τους ξεκινάει στα 10.3 mm TL με τα πρώτα τρία Dr και ακολουθούν ουραία κατεύθυνση. Οστεοποίηση όλων των Dr παρατηρείται στα 14.9 mm TL, ενώ τα δυο πρώτα Dr φαίνεται να οστεοποιούνται πλήρως στα 16.2 mm TL. Μέχρι το τέλος της παρούσας μελέτης δεν έχουμε πλήρη οστεοποίηση όλων των Dr (27.0 mm TL).

Η ανάπτυξη των προραχιαίων οστών κατευθύνεται οπίσθια. Το Prd1 εμφανίζεται στα 7.2 mm TL, και ακολουθούν τα Prd2 και Prd3 στα 7.3 mm TL. Η οστεοποίηση ξεκινάει για το Prd1 στα 8.0 mm TL, το Prd2 στα 9.0 mm TL και το Prd3 στα 9.8 mm TL, ενώ φαίνεται να ολοκληρώνονται στα 18.6 mm TL.

Οι σκληρές ακτίνες ακολουθούν πρόσθια και οπίσθια κατεύθυνση ανάπτυξης, ενώ τα λεπιδοτρίχια ακολουθούν οπίσθια. Πρωτοεμφανίζονται ταυτόχρονα στα 6.3 mm TL με 3 σκληρές ακτίνες που αντιστοιχούν στα 2-4 Prx και 10 λεπιδοτρίχια που αντιστοιχούν στα 7-16 Prx. Οι σκληρές ακτίνες αποκτούν τον τελικό αριθμό των 7 ή 8 S στα 8.1 mm TL, ενώ τα λεπιδοτρίχια ολοκληρώνονται μετά τα 8.8 mm TL και ο συνολικός τους αριθμός ποικίλει από 31 έως 34 R. Στο ραχιαίο πτερύγιο για κάθε εγγύς πτερυγιοφόρο αντιστοιχεί ένα άπω πτερυγιοφόρο και μια ακτίνα. Εξαίρεση αποτελεί το Prx1 στο οποίο προσφύονται τελικά δύο ή τρεις ακτίνες και μόνο στην οπίσθια αναλογεί ένα Rd. Η δεύτερη ή/και η τρίτη στη σειρά ακτίνες του Prx1

πρωτοεμφανίζονται στα 7.3 mm TL. Τέλος, στο τελευταίο P_{rx} αρθρώνονται δύο λεπιδοτριχία, τα οποία προσμετρώνται ως ένα.

Στην ανατομία του ραχιαίου πτερυγίου συμμετέχουν δυο χόνδρινες δομές. Η πρώτη χόνδρινη δομή αναπτύσσεται πρόσθια του P_{rx}1 και συντήκεται με αυτό έως τα 8.1 mm TL, αποτελώντας ένα στηρικτικό στοιχείο στην άρθρωση της δεύτερης σκληρής ακτίνας του πτερυγίου. Η δεύτερη χόνδρινη δομή (stay), αναπτύσσεται οπίσθια του τελευταίου P_{rx} και στην πορεία ακολουθεί η σύντηξή τους (11.3 mm TL).

3.2.3 Εδρικό

Το εδρικό πτερύγιο είναι μορφολογικά παρόμοιο με το ραχιαίο πτερύγιο και απαρτίζεται από τα ίδια οστά. Εξάιρεση αποτελούν τα προραχιαία οστά που δεν υπάρχουν στο εν λόγω πτερύγιο.

Η οντογένεση του εδρικού πτερυγίου ξεκινάει με την ανάπτυξη των P_{rx}2-P_{rx}5 στα 4.8 mm TL, και η ανάπτυξη των P_{rx} έχει διπλή φορά (πρόσθια και οπίσθια). Το P_{rx}1 αναπτύσσεται στα 5.0 mm TL, ενώ η πλήρη εμφάνιση των P_{rx} (20-23 οστά) επιτυγχάνεται στο αναπτυξιακό εύρος των 7.3 mm TL. Παράλληλα, η οστεοποίηση των εγγύς πτερυγιοφόρων ξεκινάει στα 7.3 mm TL με το πρώτο P_{rx} και κατευθύνεται προς τα πίσω. Στα 14.0 mm TL όλα τα πτερυγιοφόρα είναι σε διαδικασία οστεοποίησης, ενώ το μόνο που είναι πλήρως οστεοποιημένο στο τέλος του αναπτυξιακού σταδίου είναι το πρώτο P_{rx}.

Τα D_r εμφανίζονται χρονικά μετά τα εγγύς πτερυγιοφόρα (7.3 mm TL) με τα πρώτα 15 στοιχεία και μέχρι τα 9.5 mm TL έχουν όλα εμφανιστεί (20-23 οστά). Η οστεοποίησή τους ξεκινάει με το D_r1 στα 12.7 mm TL, έχει ουραία κατεύθυνση και εξαπλώνεται σε όλα τα D_r στα 15.6 mm TL. Πλήρης οστεοποίηση παρατηρείται για πρώτη φορά στο πρώτο D_r στα 17.0 mm TL, ενώ μέχρι το τέλος του μελετούμενου αναπτυξιακού σταδίου δεν είχαμε πλήρη ασβεστοποίηση όλων των D_r.

Η υμενογενής οστεοποίηση των σκληρών ακτίνων και των λεπιδοτριχιών ξεκινάει στα 6.2 mm TL, με την εμφάνιση της τρίτης στη σειρά σκληρής ακτίνας και των πέντε πρώτων λεπιδοτριχιών. Η δεύτερη στη σειρά σκληρή ακτίνα εμφανίζεται στο αναπτυξιακό στάδιο των 6.5 mm TL, ενώ η πρώτη στη σειρά και τελευταία χρονικά σκληρή ακτίνα αναπτύσσεται στα 7.2 mm TL. Η ανάπτυξη των λεπιδοτριχιών έχει σταδιακή οπίσθια κατεύθυνση και μετά τα 9.2 mm TL έχουμε την

εμφάνιση όλων των S (συνολικός αριθμός 19-21). Στο P_{rx}1 προσφύονται τρεις σκληρές ακτίνες από τις οποίες μόνο η οπίσθια αρθρώνεται σε άπω πτερυγιοφόρο. Στο τελευταίο P_{rx} αρθρώνονται δυο λεπιδοτρίχια, τα οποία όμως προσμετρώνται σαν ένα.

Όπως στο ραχιαίο πτερύγιο έτσι και στο εδρικό, έχουμε τον σχηματισμό μιας χόνδρινης απόφυσης πρόσθια του P_{rx}1 και την σύντηξή της μαζί του έως τα 7.0 mm TL. Ένας μικρός χόνδρος σχηματίζεται κοιλιακά του P_{rx}1, ο οποίος συντήκεται με αυτόν έως τα 7.3 mm TL. Τέλος, το οστό αντικατάστασης (stay) αναπτύσσεται αρχικά σαν χόνδρινος σχηματισμός οπίσθια του τελευταίου P_{rx} και ακολουθεί η σύντηξή τους έως τα 10.3 mm TL.

3.3.3 Θωρακικά

Το ζεύγος των θωρακικών πτερυγίων απαντάται στην ευρύτερη θωρακική ζώνη και αποτελείται από οστά μεμβρανικά και αντικατάστασης. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν το κλείθρο (Cl), το επικλείθρο (Suc), το μετακροταφικό (Pot), το άνω μετακλείθρο (PocUp), το κάτω μετακλείθρο (PocLo), το άνω επικροταφικό (SutUp), το κάτω επικροταφικό (SutLo), και τα λεπιδοτρίχια (R). Στη δεύτερη κατηγορία έχουμε το κορακοειδές (Co), το επικορακοειδές (Sca), τα εγγύς πτερυγιοφόρα (P_{rx}), το προπτερύγιο (Prop) και τα άπω πτερυγιοφόρα (Rd).

Η ανάπτυξη των θωρακικών πτερυγίων ξεκινάει στα 3.9 mm TL με τον ταυτόχρονο σχηματισμό του κλείθρου, μιας ενιαίας χόνδρινης πλάκας (Fin Plate, Fr) και του Co-Sca. Το τελευταίο αποτελεί μια ενιαία χόνδρινη δομή που τοποθετείται πρόσθια και κοιλιακά του Fr, και που στη συνέχεια θα διαφοροποιηθεί για να δώσει το κορακοειδές και το επικορακοειδές οστό. Το Fr με τη σειρά του θα δώσει στη συνέχεια τα εγγύς πτερυγιοφόρα. Το Fr χωρίζεται σε δυο τμήματα με την εμφάνιση μιας σχισμής στο πρόσθιο μεσαίο τμήμα του στα 4.0 mm TL. Ακολουθεί η έναρξη της δεύτερης σχισμής νωτιαία στα 4.8 mm TL και της τρίτης κοιλιακά έως τα 5.7 mm TL.

Το χόνδρινο επικορακοειδές αρχίζει σταδιακά να κάμπτεται προσθοκοιλιακά (6.2 mm TL), με αποτέλεσμα την δημιουργία του επικορακοειδούς τμήματος (ScF) στα 7.0 mm TL. Η οστεοποίηση του Co και του Sca ξεκινάει στα 6.8 και 7.4 mm TL

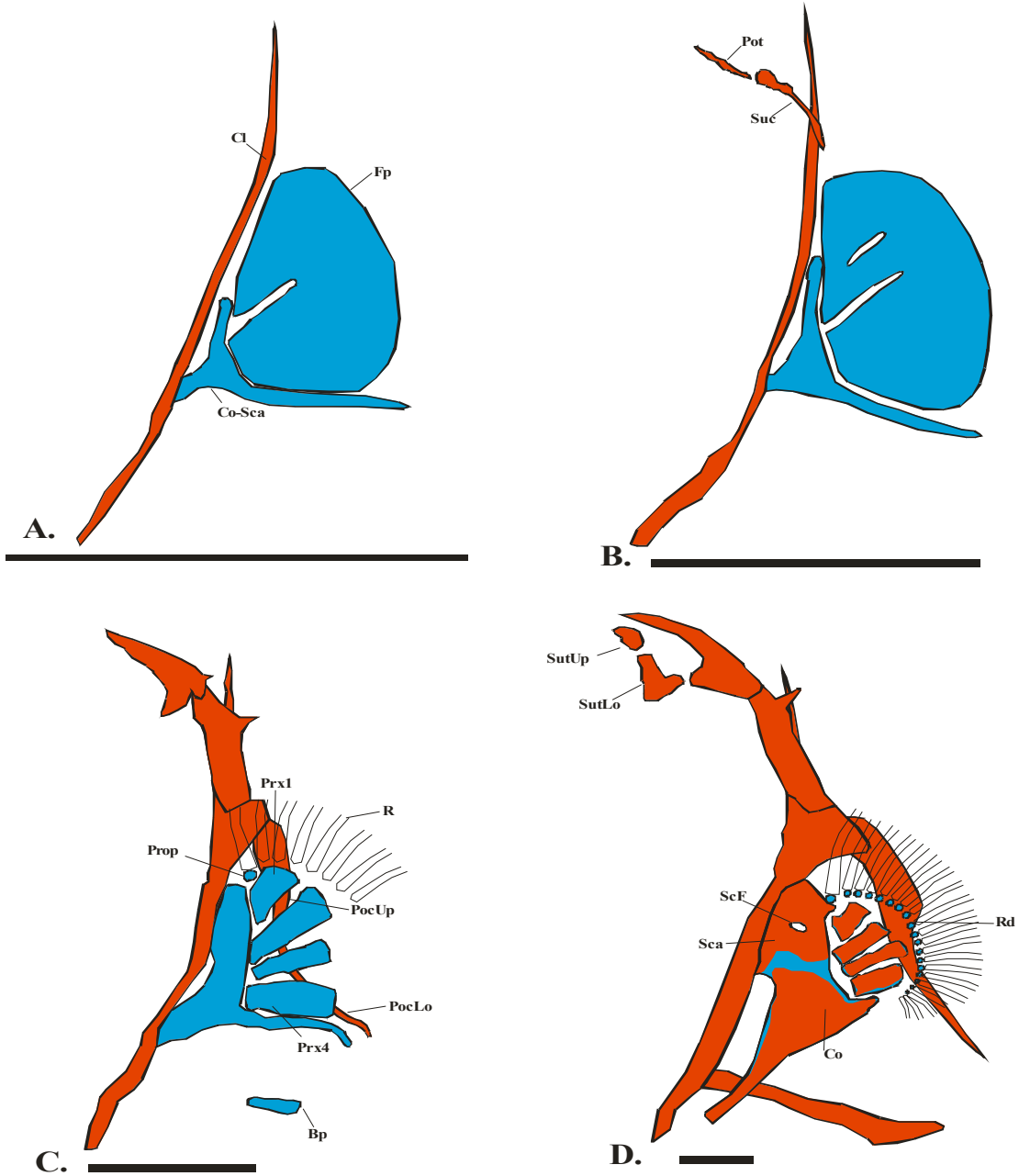
αντίστοιχα, πράγμα που αντιστοιχεί και στον μεταξύ τους διαχωρισμό. Η πλήρη οστεοποίηση του Co και του Sca παρατηρείται στα 17.0 mm TL.

Τα τέσσερα Prx διαφοροποιούνται πάνω στην αρχικά ενιαία χόνδρινη πλάκα σαν αποτέλεσμα των δημιουργούμενων σχισμών. Τα Prx εμφανίζονται αρχίζουν τον σχηματισμό τους στο αναπτυξιακό στάδιο μεταξύ 5.3 και 6.0 mm TL, έχουν κατεύθυνση από το νοτιαίο προς το κοιλιακό και το σύνολο αυτών (1-4 Prx) είναι εμφανής μετά τα 6.5 mm TL. Η οστεοποίηση των εγγύς πτερυγιοφόρων ξεκινάει στα 7.3 mm TL (1-2 Prx), ενώ εξαπλώνεται σε όλα μετά τα 9.3 mm TL. Η οστεοποίηση ολοκληρώνεται στα 18.6 mm TL για το Prx1, στα 21.1 mm TL για το Prx2, στα 21.9 mm TL για το Prx3, και στα 26.5 mm TL για το Prx4.

Τα θωρακικά λεπιδοτρίγια εμφανίζονται για πρώτη φορά στα 5.6 mm TL και σταδιακά με φορά από πάνω προς τα κάτω φτάνουν στον τελικό τους αριθμό (20-21) στα 12.5 mm TL. Το πρωπτερύγιο (Prop) σχηματίζεται για πρώτη φορά στα 6.3 mm TL, ακολουθούν τα πρώτα 11 άπω πτερυγιοφόρα στα 9.1 mm TL, ενώ η φορά εμφάνισης τους ακολουθεί αυτή των λεπιδοτριχίων. Η οστεοποίηση του Prop ξεκινάει στα 16.0 mm TL, ενώ ολοκληρώνεται στα 18.6 mm TL. Μέχρι το τέλος του μελετούμενου σταδίου δε φαίνεται να έχει αρχίσει η διαδικασία οστεοποίησης των άπω πτερυγιοφόρων (27.0 mm TL).

Το Suc σχηματίστηκε στα 4.5 mm TL και ακολούθησε το Pot στα 4.8 mm TL, το PocLo στα 4.9 mm TL, το PocUp στα 5.8 mm TL, το SutLo στα 9.5 mm TL και το SutUp στα 13.7 mm TL. Η ένωση των δυο μετάκλειθρων αρχίζει στα 6.2 mm TL.

Εικόνα 5: Ανάπτυξη των θωρακικών πτερυγίων στο μαγιάτικο. Η οστεοποίηση στις ακτίνες των πτερυγίων δεν απεικονίζεται. Με κυανό και ερυθρό χρώμα απεικονίζονται οι χόνδρινες δομές και η ασβεστοποίηση αντίστοιχα. Cl, κλείθρο. Co, κορακοειδής. CoF, κορακοειδές τρήμα. Fp, ενιαία χόνδρινη πλάκα. PocLo, κάτω μετακλείθρο. PocUp, άνω μετακλείθρο. Pot, μετακροταφικό. Prop, προπτερύγιο. Prx, εγγύς πτερυγιοφόρα. R, λεπιδοτρίχια. Rd, άπω πτερυγιοφόρα. Sca, επικορακοειδής. ScF, επικορακοειδές τρήμα. Suc, επικλείθρο. SutLo, κάτω επικροταφικό. SutUp, άνω επικροταφικό. Η κλίμακα κάθε σχεδίου αντιστοιχεί σε 0.5 mm.



3.3.4 Κοιλιακά

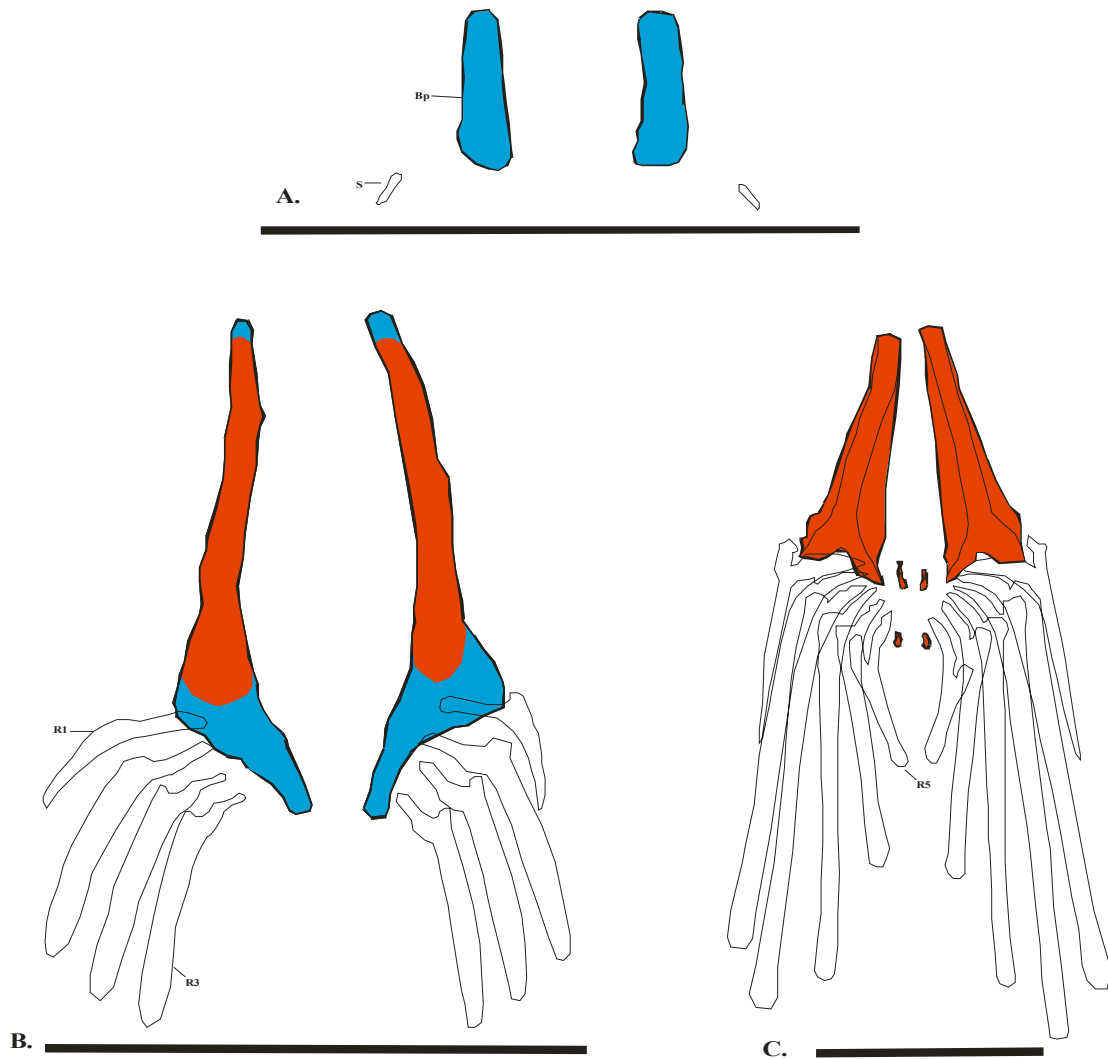
Τα κοιλιακά πτερύγια, όπως και τα θωρακικά, είναι ζυγά πτερύγια. Το κάθε ένα από αυτά αποτελείται από το βασιπτερύγιο (Br), μια σκληρή ακτίνα και πέντε λεπιδοτρίχια. Το βασιπτερύγιο αποτελεί οστό αντικατάστασης, ενώ οι ακτίνες είναι υμενογενούς προέλευσης.

Η οντογένεση των κοιλιακών πτερυγίων ξεκινάει στα 6.3 mm TL με την ανάπτυξη του μοναδικού στηρικτικού στοιχείου των ακτίνων, το βασιπτερύγιο. Η οστεοποίησή του αρχίζει στα 7.3 mm TL και ολοκληρώνεται στα 11.6 mm TL.

Η σκληρή ακτίνα πρωτοεμφανίζεται στα 6.3 mm TL, ενώ τα δυο πρώτα λεπιδοτρίχια στα 7.0 mm TL. Στην συνέχεια έχουμε την εμφάνιση του τρίτου λεπιδοτρίχιου στα 7.6 mm TL, του τέταρτου στα 8.1 mm TL και τέλος του πέμπτου στα 9.0 mm TL. Έτσι, η πορεία ανάπτυξης των ακτίνων είναι από έξω προς τα μέσα.

Στα 9.5 mm TL εμφανίζονται δυο οστέινες δομές, η μια είναι τοποθετημένη δίπλα από το Br ενώ η άλλη στο ύψος της R5, αναπτύσσονται πρόσθια και οπίσθια με αποτέλεσμα την μεταξύ τους σύντηξη αλλά και με το Br στο αναπτυξιακό στάδιο μεταξύ 10.3 και 10.8 mm TL.

Εικόνα 5: Ανάπτυξη των κοιλιακών περυγίων στο μαγιάτικο. Με κυανό και ερυθρό χρώμα απεικονίζονται οι χόνδρινες δομές και η ασβεστοποίηση αντίστοιχα. Ac, χόνδρος. Bp, βασιπτερύγιο. Mer, μεταπτερύγιο. R, λεπιδοτρίγια. S, σκληρή ακτίνα. Κάθε κλίμακα αντιστοιχεί σε 0.5 mm.

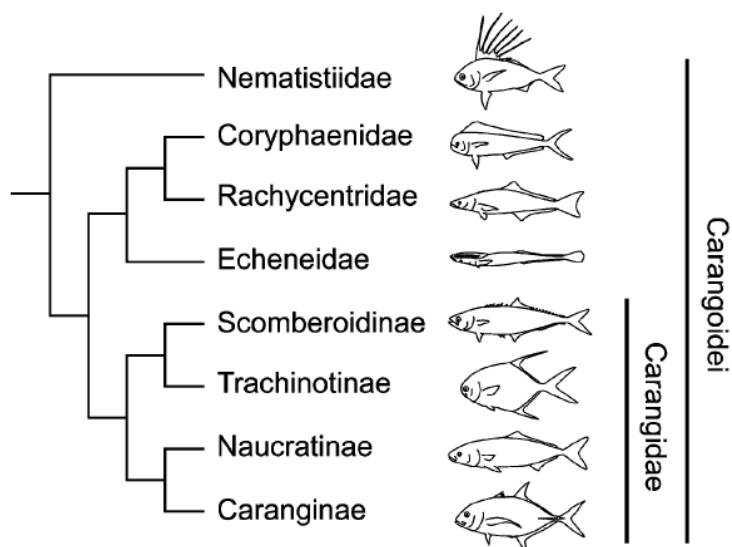


4. Συζήτηση

4.1 Οστεολογική ανάπτυξη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ανάπτυξη της σπονδυλικής στήλης και των εξαρτημάτων του σκελετού του μαγιάτικου σε συνθήκες εκτροφής με τη μέθοδο του μεσοκόσμου. Οι προαναφερθείσες περιοχές εμφανίζουν τις συχνότερες και εντονότερες παραμορφώσεις (Divanach *et al.*, 1996). Ενώ, για την πληρέστερη περιγραφή της φυσιολογικής οστεολογικής ανάπτυξης απαιτείται η μελέτη του σπλαγνοκρανίου και του νευροκρανίου. Σχετική μελέτη με την παρούσα πραγματοποιήθηκε από τον Liu (2001), που όμως βασίστηκε στη συλλογή ατόμων από τις παράκτιες περιοχές της Taiwan (1984-1988) και πραγματοποιήθηκε μόνο σε 15 άτομα με μήκος από 6.6 mm NL μέχρι 32 mm SL (**Πίνακας 7**). Άλλες σχετικές μελέτες δε βρέθηκαν, ενώ μόνο μία μελέτη αναφέρεται στην οστεολογική ανάπτυξη του ουραίου πτερυγίου του *S. lalandi* (Kohno, 1997). Όσον αφορά στην οικογένεια των Carangidae, μια μόνο μελέτη σχετίζεται με την οστεολογική ανάπτυξη του ουραίου πτερυγίου στο *Caranx crysos* (Hilton and Johnson, 2007), ενώ υπάρχουν αρκετές μελέτες σχετικές με το ουραίο σκελετό των carangoidei [Nematiidae: Nematistius (Rosenblatt and Bell, 1976), Coryphaenidae: Coryphaena (Potthoff, 1980), Rachycentridae: Rachycentron (Fujita, 1990), Carangidae: Scomberoidinae: Scomberoides και Parona (Smith-Vaniz and Staiger, 1973), Trachinotinae: Trachinotus (Hollister, 1941; Monod, 1968; Fujita, 1990), Naucratinae: Seriola και Elagatus (Berry, 1969; Fujita, 1990; Kohno, 1997; Liu, 2001), Caranginae: Decapterus, Alectis, Selene, Trachurus, Caranx, Selar και Chloroscombrus (Hollister, 1941; Monod, 1968; Fujita, 1990; Suda, 1996; Hilton and Johnson, 2007)]. Πρέπει να σημειωθεί πως τα Carangidae ανήκουν στα Carangoidei (**Εικόνα 7**), μια μονοφυλετική ομάδα περκόμορφων ψαριών που συμπεριλαμβάνουν τις οικογένειες Nematistiidae, Echeneidae, Rachycentridae και Coryphaenidae (Hilton and Johnson, 2007).

Εικόνα 7: Υποθετικές σχέσεις των βασικότερων ομάδων των Carangoidei, όπως δίνεται από τους Hilton and Johnson (2007)



Είναι γενικά αποδεκτό πως η γνώση του φυσιολογικού προτύπου ανάπτυξης του σκελετού ενός είδους παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού οποιασδήποτε παραμόρφωσης και του αναπτυξιακού σταδίου στο οποίο εμφανίστηκε αυτή. Επίσης, καθιστά πιθανή εύρεση της γενεσιουργού αιτίας καθώς και την εξεύρεση λύσης (Κουμουνδούρος, 1998). Η οστεολογική ανάπτυξη συμβάλλει στην κατανόηση των λειτουργικών τάσεων και βιολογικών απαιτήσεων ενός οργανισμού σε κάθε αναπτυξιακό στάδιο (Κουμουνδούρος, 1999b). Επιπρόσθετα, η σύγκριση της φυσιολογικής οντογένεσης υποψηφίων ειδών με αυτή των κοινώς εκτρεφόμενων ειδών μπορεί να δώσει πολύ χρήσιμες πληροφορίες για τις αποκτούμενες τροποποιήσεις για τα νέα είδη στις μεθόδους εκτροφής των (Chatain, 1994b; Κουμουνδούρος *et al.*, 1994, 1999a; Bengtson, 1999), ενώ παράλληλα, μπορεί να αποτελέσει κριτήριο για την ποιότητα των ιχθυδίων και των ενήλικων ατόμων (Planas and Cunha, 1999; Κουμουνδούρος *et al.*, 1999b, 2001a,d; Boglioni *et al.*, 2001, 2003; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005).

Η εφαρμογή της μεθόδου του μεσόκοσμου για την νυμφική εκτροφή «νέων» ειδών είναι συγκρίσιμη με αυτή των εκτατικών τεχνικών, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στην παραγωγή 25 ειδών ψαριών και 5 υβριδίων (Divanach and Kentouri, 2000). Θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη λύση για την εκτροφή οργανισμών, όταν οι ειδικές βιολογικές ανάγκες του είδους δεν είναι γνωστή (Divanach and Kentouri, 2000). Παράδειγμα αποτελούν η επιτυχή νυμφική εκτροφή των παρακάτω «νέων» ειδών ψαριών: *Dentex dentex* (Κουμουνδούρος *et al.*, 1999a,

2004), *Pagellus erythrinus* (Papandroulakis *et al.*, 2003; Sfakianakis *et al.*, 2004), *Sciaena umbra* (Papandroulakis *et al.*, 2003), *Epinephelus marginatus* (Papandroulakis *et al.*, 2003), *Umbrina cirrosa* (Νεοφύτου, 2005; Koumoundouros *et al.*, 2005) και το *S. dumerili* (Papandroulakis *et al.*, 2005). Έτσι, αποτελεί ένα ανεκτίμητο εργαλείο για την μελέτη των ειδών που δύσκολα εκτρέφονται με τις εντατικές μεθόδους (Shields, 2001; Koumoundouros *et al.*, 2004, 2005; Sfakianakis *et al.*, 2004).

Είναι γνωστό πως η ανάπτυξη των ψαριών επηρεάζεται εν μέρει από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, οδηγώντας σε μορφολογικές διαφορές μεταξύ των εκτρεφόμενων και των “άγριων” ατόμων (Koumoundouros *et al.*, 1994, 1995; Corti *et al.*, 1996; Rocaranti *et al.*, 2001; Βαβαρούτα *et al.*, 2003; Kouttouki *et al.*, 2006). Η μέθοδος του μεσοκόσμου παράγει ιχθύδια με υψηλό ποσοστό βιωσιμότητας και παρόμοιας μορφολογίας με αυτή των ατόμων του φυσικού περιβάλλοντος (Divanach *et al.*, 1996; Divanach and Kentouri, 2000). Παρόλ’ αυτά, η «χαμηλής τεχνολογίας» προσέγγισή του προσφέρει μια μέτρια παραγωγή για μικρούς παραγωγούς και σπάνια χρησιμοποιείται για την πάχυνση σε βιομηχανική κλίμακα (commercial ongrowing) (Shields, 2001).

Το στάδιο ανάπτυξης του σκελετού των τελεοστέων παρουσιάζει αξιοσημείωτη ποικιλία κατά την εκκόλαψη. Όμως, σε αδρές γραμμές, μπορούν να διακριθούν σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη, περιλαμβάνει είδη όπου τα σκελετικά τους στοιχεία είναι ήδη ανεπτυγμένα κατά την εκκόλαψη, όπως αυτό συμβαίνει στο *Oryzias latipes* (Langille and Hall, 1987), το *Barbus barbus* (Vandewalle *et al.*, 1992) και το *Salmo salar* (Grotmol *et al.*, 2003). Ενώ, η δεύτερη κατηγορία αφορά σε είδη των οποίων ο σκελετός αρχίζει να αναπτύσσεται αρκετά μετά την εκκόλαψη. Τέτοιοι οργανισμοί είναι το *S. dumerili* (παρούσα μελέτη), *Pagrus major* (Matsuoka, 1987), *Dicentrarchus labrax* (Marino *et al.*, 1993; Gluckmann *et al.*, 1999), *Sparus aurata* (Koumoundouros *et al.*, 1997a; Faustino and Power, 1998, 1999), το *Solea solea* (Wagemans and Vandewalle, 1999), *Heterobranchus longifilis* (Vandewalle *et al.*, 1997), *Scophthalmus maximus* (Wagemans *et al.*, 1998), *D. dentex* (Koumoundouros *et al.*, 1999b, 2001c), *D. sargus* (Koumoundouros *et al.*, 2001d), *P. erythrinus* (Sfakianakis *et al.*, 2004), *D. puntazzo* (Sfakianakis *et al.*, 2005), *U. cirrosa* (Νεοφύτου, 2005), *Gymnocharacinus bergi* (Miquelarena *et al.*, 2005), *Theragra chalcogramma* (Brown *et al.*, 2001), *Oreochromis mossambicus* (Campinho *et al.*,

2004), *Anarhichas lupus* (Pavlov and Mokness, 1997) και το *Sardinops melanostictus* (Matsuoka, 1997).

Η οστεολογική ανάπτυξη των τελεόστεων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που συνήθως ξεκινάει με τον σχηματισμό των οστών αντικατάστασης και ακολουθούν τα μεμβρανικά οστά (Vandewalle *et al.*, 1997; Κουμουνδούρος, 1998; Faustino and Power, 1998). Μπορεί να επηρεαστεί τόσο από γενετικούς όσο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Matsuoka, 1987; Wimberger, 1993; Koumoundouros *et al.*, 1997a, 1999a; Ahn and Gibson, 1999; Campinho *et al.*, 2004; Sfakianakis *et al.*, 2004). Παράδειγμα αποτελεί η θερμοκρασία που επηρεάζει τους ρυθμούς ανάπτυξης του σκελετού του λιθρινιού, *P. erythrinus* (L., 1758) (Sfakianakis *et al.*, 2004). Τέλος, μικρές διαφορές στη μεθοδολογία σύλληψης, συντήρησης και μέτρησης του μήκους μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το μέγεθος και τις σχετικές διαστάσεις του σώματος (Koumoundouros *et al.*, 1999b).

4.2 Οντογένεση της σπονδυλικής στήλης

Οι πρώτες σκελετικές δομές που εμφανίζονται κατά την οντογένεση της σπονδυλικής στήλης του μαγιάτικου είναι οι χόνδρινες νευρικές αποφύσεις (4.6 mm TL), ενώ στη συνέχεια έχουμε τον σχηματισμό των αιματικών αποφύσεων και τα μεμβρανικής προέλευσης κέντρα σπονδύλων (4.8 mm TL). Ο Liu (2001) δεν παρατηρεί τον σχηματισμό αυτών των δομών, ενώ αναφέρει την ύπαρξη τους σε ασβεστοποιημένη κατάσταση στα 6.6 mm NL (δηλαδή στο μικρότερο σε μήκος από άτομα που μελέτησε) (Πίνακας 7). Στους περισσότερους τελεοστέους η σειρά εμφάνισης των προαναφερθέντων σκελετικών δομών είναι ίδια, με κάποιες μικροδιαφορές. Στο *D. dentex* (Κουμουνδούρος, 1998), *Anarhichas lupus* (Pavlov and Mokness, 1997), *P. erythrinus* (Sfakianakis *et al.*, 2004), *U. cirrosa* (Νεοφύτου, 2005), *Solea senegalensis* (Gavaia *et al.*, 2002), *P. major* (Matsuoka, 1987), και *D. puntazzo* (Sfakianakis *et al.*, 2005), έχουμε πρώτα τον σχηματισμό των NS, ακολουθούν τα HS, και αργότερα τα μεμβρανικά U. Στα *S. aurata* (Faustino and Power, 1998), *D. sargus* (Σφακιανάκης, 2000; Koumoundouros *et al.*, 2001d), *Epinephelus septemfasciatus* (Nagano *et al.*, 2007), *S. salar* (Grotmol *et al.*, 2003), *Hippoglossus hippoglossus* (Lewis and Lall, 2006), *Sardinops melanostictus* (Matsuoka, 1997), και *O. mossambicus* (Campinho *et al.*, 2004), οι πρώτες χόνδρινες

δομές που εμφανίζονται είναι οι νευρικές και αιματικές αποφύσεις, ενώ ο σχηματισμός των μεμβρανικών U γίνεται πολύ αργότερα. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί το *Neoceratodus crockery* (Velez *et al.*, 2003) όπου έχουμε τον σχηματισμό των NS και των U πριν το σχηματισμό των HS. Επίσης, στο *Pterapogon kauderni* (Vagelli, 1999) και στο *Lates calcarifer* (Fraser *et al.*, 2004), οι πρώτες χόνδρινες δομές που εμφανίζονται είναι τα NS, HS και U. Σε αντίθεση με όλες τις προηγούμενες μελέτες, η σκελετική ανάπτυξη του *Ranzania laevis* (Tetraodontiformes, Molidae) (Johnson and Britz, 2004) και του *Monotretle leirus* (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) (Britz and Johnson, 2004) ξεκινάει με τον σχηματισμό μεμβρανικών οστών (NS-HS και NS αντίστοιχα).

Ο αριθμός και ο τύπος των κέντρων ανάπτυξης των χονδρογενών δομών είναι ανάλογα του είδους. Ένα πρόσθιο ή οπίσθιο κέντρο ανάπτυξης παρουσιάζει το *S. melanostictus* (οπίσθιο - Matsuoka, 1997), και το *U. cirrosa* (πρόσθιο - Νεοφύτου, 2005), δυο (πρόσθιο και οπίσθιο) εμφανίζει το *S. dumerili* (παρούσα μελέτη), το *P. erythrinus* (Sfakianakis *et al.*, 2004) και το *D. puntazzo* (Sfakianakis *et al.*, 2005), τρία (πρσθωνωτιαία, κεντροκοιλιακά και οπισθοκοιλιακά) το *Lutjanus campechanus* (Potthoff *et al.*, 1988) και τέσσερα (ποσθωνωτιαία, κεντροκοιλιακά, κεντρονωτιαία και οπισθοκοιλιακά) το *Anisotremus virginicus* (Potthoff *et al.*, 1984), τα Scombroidei (Potthoff *et al.*, 1986), το *P. major* (Matsuoka, 1987), το *Centropomus undecimalis* (Potthoff and Tellock, 1993), το *S. aurata* (Faustino and Power, 1998), το *D. dentex* (Koumoundouros *et al.*, 1999b), το *D. sargus* (Σφακιανάκης, 2000; Koumoundouros *et al.*, 2001d) κατά μήκος της νοτοχορδής.

Η οστεοποίηση των νευρικών ή/και αιματικών αποφύσεων μπορεί να πραγματοποιείται πριν ή μετά από αυτή των κέντρων των σπονδύλων. Στα είδη *S. dumerili* (παρούσα μελέτη), *P. major* (Matsuoka, 1987), *D. sargus* (Σφακιανάκης, 2000; Koumoundouros *et al.*, 2001d), *N. crockeri* (Velez *et al.*, 2003), *O. mossambicus* (Campinho *et al.*, 2004), *P. erythrinus* (Sfakianakis *et al.*, 2004), *U. cirrosa* (Νεοφύτου, 2005), *H. hippoglossus* (Lewis and Lall, 2006), η οστεοποίηση των NS και των HS πραγματοποιείται πριν από την ασβεστοποίηση των U. Στο *D. dentex* (Κουμουνδούρος, 1998), η οστεοποίηση των NS πραγματοποιείται χρονικά πριν από τα U και HS. Αντίθετα, στα *Thunnus atlanticus* (Potthoff, 1975), *S. melanostictus* (Matsuoka, 1997), *S. aurata* (Faustino and Power, 1998), *D. puntazzo* (Sfakianakis *et al.*, 2005), η οστεοποίηση των U παρατηρείται πριν από αυτή των NS και HS.

Τα κέντρα των σπονδύλων στους τελεοστέους μπορούν να είναι οστά αντικατάστασης ή μεμβρανικά. Στα *L. calcarifer* (Latidae) (Fraser *et al.*, 2004) και *P. kauderni* (Arogonidae) (Vagelli, 1999), αυτές οι σκελετικές δομές αποτελούν οστά αντικατάστασης. Αντίθετα, στα *S. dumerili* (Carangidae) (Liu, 2001; παρούσα μελέτη), *S. melanostictus* (Clupeidae) (Matsuoka, 1997), *S. senegalensis* (Soleidae) (Gavaia *et al.*, 2002), *O. mossambicus* (Cichlidae) (Campinho *et al.*, 2004), *U. cirrosa* (Scianidae) (Νεοφύτου, 2005), *H. hippoglossus* (Pleuronectidae) (Lewis and Lall, 2006), *E. septemfasciatus* (Serranidae) (Nagano *et al.*, 2007) και στα Sparidae που έχουν μελετηθεί (*P. major*: Matsuoka, 1987, *D. sargus*: Σφακιανάκης, 2000; Koumoundouros *et al.*, 2001d, *D. dentex*: Koumoundouros, 1998, *S. aurata*: Faustino and Power, 1998, *P. erythrinus*: Sfakianakis *et al.*, 2004, *D. puntazzo*: Sfakianakis *et al.*, 2005), τα κέντρα των σπονδύλων είναι μεμβρανικής φύσης.

Η οστεοποίηση των κέντρων των σπονδύλων στην πλειονότητα των Perciforms που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα, ξεκινάει από τον πρώτο με κατεύθυνση προς τα πίσω μέχρι τα προουραία κέντρα, ενώ από το ουρόστυλο μέχρι το πιο πρόσθιο προουραίο κέντρο η κατεύθυνση είναι προς τα εμπρός (Houde and Potthoff, 1976; Mook, 1977; Potthoff *et al.*, 1986, 1987, 1988; Watson, 1987; Matsuoka, 1987; Watson and Walker, 1992; Potthoff and Tellock, 1993; Faustino and Power, 1998; Koumoundouros *et al.*, 1999b). Σε κάποια είδη της οικογένειας των Sparidae (*Archosargus rhomboidalis*, Houde and Potthoff, 1976; *P. major*, Matsuoka, 1987; *S. aurata*, Faustino and Power, 1998; *D. dentex*, Koumoundouros *et al.*, 1999b; *D. sargus*, Σφακιανάκης, 2000, Koumoundouros *et al.*, 2001d; *P. erythrinus*, Sfakianakis *et al.*, 2004; *D. puntazzo*, Sfakianakis *et al.*, 2005) η οστεοποίηση του δεύτερου κέντρου ξεκινάει πριν από το πρώτο. Στα Clupeiformes, πρώτα οστεοποιούνται τα προουραία κέντρα και έπειτα τα ενδιάμεσα, με ταυτόχρονη οπίσθια και πρόσθια πορεία οστεοποίησης (Richards *et al.*, 1974). Έτσι, η οστεοποίηση των κέντρων των σπονδύλων στο *S. melanostictus* ξεκινάει με τα 10 κέντρα γύρω από το U20, παράλληλα έχουμε σχηματίζεται το δεύτερο ουραίο κέντρο, και συνεχίζει με πρόσθια και οπίσθια κατεύθυνση (Matsuoka, 1997). Στο *D. puntazzo* η οστεοποίηση των κέντρων έχει οπίσθια φορά, ενώ το ουρόστυλο εμφανίζεται ταυτόχρονα με το U13 (Sfakianakis *et al.*, 2005). Στο *U. cirrosa* (Νεοφύτου, 2005) η οστεοποίηση ξεκινάει με τον πρώτο σπόνδυλο και συνεχίζει με οπίσθια πορεία κατεύθυνσης μέχρι και το U24, ενώ το ουρόστυλο οστεοποιείται ταυτόχρονα με το U21. Στο *S. dumerili* (παρούσα μελέτη) η οστεοποίηση των κέντρων ξεκινάει από το

U1 και με οπίσθια κατεύθυνση σχηματίζεται το U23, ενώ το ουρόστυλο σχηματίζεται μόνο του στα 7.0 mm TL (μεταξύ του σχηματισμού του U21 και του U22).

Το ουρόστυλο του μαγιάτικου φαίνεται να σχηματίζεται από δυο ξεχωριστά στοιχεία, το προουραίο κέντρο 1 και το ουραίο κέντρο (παρούσα μελέτη), ενώ κάτι τέτοιο δε παρατηρείται από τον Liu (2001). Παρόμοιο φαινόμενο παρατήρησαν οι Kohno *et al.* (1983) στο *P. major*. Μεταγενέστερη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο ίδιο είδος δεν επιβεβαίωσε αυτά τα αποτελέσματα, καθώς φάνηκε πως το ουρόστυλο προήλθε από το σχηματισμό ενός ανεξάρτητου στοιχείου χωρίς την ύπαρξη σύντηξης (Matsuoka, 1987). Άλλη μελέτη πάνω στο ουραίο πτερύγιο του *S. lalandi* έδειξε πως το ουρόστυλο προήλθε από την σύντηξη τριών στοιχείων (προουραίο κέντρο 1, ουραίο κέντρο 1 και ουραίο κέντρο 2) (Kohno, 1997). Στο *C. crysos* (Carangidae) το ουρόστυλο είναι σύνθετο (προουραίο κέντρο 1 και ουραίο κέντρο) και οστεοποιείται ως ένα ενιαίο στοιχείο στα 4.7 mm SL (Hilton and Johnson, 2007). Θεωρείται πως στα perciforms προήλθε από ένα προουραίο κέντρο και δυο ουραία (Ahlstrom προσωπική επικοινωνία, από Potthoff, 1975).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως ο Liu (2001) βρήκε πως ο συνολικός αριθμός τόσο των νευρικών όσο και των αιματικών αποφύσεων είναι 22, ενώ δεν κάνει καμία αναφορά στις βασαιοφύσεις. Στη παρούσα μελέτη βρέθηκε πως ο συνολικός αριθμός των NS είναι 23 (συμπεριλαμβανομένου του Na) και των HS 13, ενώ συνολικά βρέθηκαν έξι βασαιοφύσεις. Παρατηρούμε, λοιπόν, πως τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όσον αφορά τον συνολικό αριθμό των νευρικών και αιματικών αποφύσεων, δε συμπίπτουν με αυτά της προαναφερθείσας εργασίας. Ενώ, ο συνολικός αριθμός των σπονδύλων (συμπεριλαμβανομένου του ουρόστυλου) και στις δυο εργασίες είναι 24.

Το μαγιάτικο παρουσιάζει 8 κοιλιακές πλευρές στα U3-U10 (παρούσα μελέτη; Liu, 2001). Ο μέγιστος αριθμός νωτιαίων πλευρών που καταμετρήθηκε ήταν 12 και παρατηρήθηκαν στους προαιματικούς και στους πρόσθιους αιματικούς σπονδύλους (παρούσα μελέτη). Η διάταξη των κοιλιακών πλευρών είναι ίδια με αυτήν των Percoidae (Johnson, 1981). Η παρουσία των νωτιαίων πλευρών στους πρόσθιους αιματικούς σπονδύλους παρατηρείται στα περισσότερα Perciformes (Houde and Potthoff, 1976; Matsuoka, 1987; Watson, 1987; Potthoff *et al.*, 1987; Koumoundouros *et al.*, 1999b, 2001d; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005) και θεωρείται αρχέγονο χαρακτηριστικό (Potthoff *et al.*, 1987). Εξαιρέση αποτελεί το *U. cirrosa*, το

οποίο δεν παρουσιάζει νωτιαίες πλευρές στους αιματικούς σπονδύλους (Νεοφύτου, 2005).

4.3 Οντογένεση των πτερυγίων

Ο πλήρης σχηματισμός των ακτίνων ενός πτερυγίου καθιστά το πτερύγιο λειτουργικό, ως εκ τούτου η σύγκριση μεταξύ των ειδών είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Στα περισσότερα Perciformes το ουραίο είναι το πρώτο πτερύγιο στο οποίο αναπτύσσονται ακτίνες, αλλά το τελευταίο που συμπληρώνει τον πλήρη αριθμό τους. Ακολουθεί ο σχηματισμός των ακτινών του ραχιαίου και εδρικού, που είναι τα πρώτα πτερύγια στα οποία ολοκληρώνεται ο μεριστικός αριθμός τους. Τα ζυγά πτερύγια παρουσιάζουν ακτίνες τελευταία, αλλά ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους πριν από το ουραίο πτερύγιο. Εξαιρεση αποτελούν το γένος *Lutjanus* (Potthoff *et al.*, 1988), μέλη των οικογενειών Pemppheridae και των Serranidae (Leis and Rennis, 1983; Johnson, 1984) και το *O. mossambicus* (Cichlidae) (Campinho *et al.*, 2004). Οι πρώτες ακτίνες που εμφανίζονται στο *S. dumerili* είναι τα θωρακικά. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται σε μερικά Blennidae (Watson, 1987) και Scorpaenidae (Neira, 1989).

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με αυτά του Liu (2001), παρατηρούμε πως οι βασικότερες διαφορές σχετίζονται με τον σχηματισμό, την έναρξη της ασβεστοποίησης και την ολοκλήρωση των πτερυγίων (Πίνακας 7). Οι διαφορές αυτές μπορούν να εξηγηθούν από τον μικρό αριθμό δειγμάτων στην εργασία του Liu (2001). Διαφορές στα μεριστικά στοιχεία των πτερυγίων μπορούν να εξηγηθούν όχι μόνο από το μικρό αριθμό των δειγμάτων που χρησιμοποιεί ο Liu (2001), αλλά και από την επίδραση γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα μεριστικά στοιχεία καθορίζονται κατά τη κρίσιμη περίοδο της ανάπτυξης των ψαριών και οφείλονται σε γενετικές και περιβαλλοντικές αιτίες (Murray and Beachman, 1989; Leary *et al.*, 1985; Blaxter, 1992; Kinsey *et al.*, 1994; Tudela, 1999; Costa *et al.*, 2003; O'Reilly and Horn, 2004; Turan, 2004; Ditty *et al.*, 2005; Λάγκη, 2005; Georgakopoulou *et al.*, 2007a) γι' αυτό μπορεί να διαφέρουν μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ατόμων ενός είδους (Ferreri *et al.*, 2000; Boggione *et al.*, 2001; Koumoundouros *et al.*, 2001b; Favaloro and Mazzola, 2003).

4.3.1 Ουραίο πτερύγιο

Σε πολλούς τελεοστέους ο σχηματισμός των χόνδρινων δομών του ουραίου πτερυγίου πραγματοποιείται σε πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο. Στο *P. major* (Matsuoka, 1987) η πρώτη χόνδρινη δομή που παρατηρείται είναι το Hy1 σε άτομο 4.5 mm TL. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν για τα *S. aurata* (Koumoundouros *et al.*, 1997a; Faustino and Power, 1998), *D. dentex* (Koumoundouros *et al.*, 1999b), *D. sargus* (Koumoundouros *et al.*, 2001d), *P. erythrinus* (Sfakianakis *et al.*, 2004) και *D. puntazzo* (Sfakianakis *et al.*, 2005). Στο *S. lalandi* οι πρώτες χόνδρινες σκελετικές δομές που εμφανίζονται είναι το Hy1 και Hy2 στα 4.78 mm BL (body length) (Kohno, 1997). Οι Houde and Potthoff (1976) παρατηρούν στο *A. rhomboidalis* την ύπαρξη των PrH και Hy1-Hy2 (3.4 mm TL). Στο *S. senegalensis* το Hy1 σχηματίζεται ταυτόχρονα με τα NS2-NS6 στα 4.3 mm SL (Gavaia *et al.*, 2002). Στο μαγιάτικο το Hy1 (4.8 mm TL) εμφανίζεται λίγο μετά την εμφάνιση των πρώτων νευρικών αποφύσεων (4.6 mm TL). Παρόμοιο φαινόμενο παρατηρείται στο *U. cirrosa*, όπου έχουμε την εμφάνιση των PrH και Hy1-Hy2 (3.8 mm TL) λίγο μετά τον σχηματισμό των πρώτων NS στα 3.4 mm TL (Νεοφύτου, 2005). Πρέπει να σημειωθεί, όμως, πως η αναπτυξιακή πλαστικότητα των ψαριών επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία (Campinho *et al.*, 2004; Sfakianakis *et al.*, 2004). Οι Campinho *et al.* (2004) έδειξαν πως η θερμοκρασία ανάπτυξης επηρεάζει τον σχηματισμό των χόνδρινων δομών στο *O. mossambicus* (Cichlidae). Συγκεκριμένα έδειξαν πως η ανάπτυξη των υποουραίων ξεκινάει πριν από τα NS και HS στους 22 °C σε αντίθεση με τους 27 °C και 32 °C όπου δε παρατηρείται κάτι τέτοιο.

Κατά την οντογένεση του ουραίου συμπλέγματος του μαγιάτικου παρατηρείται σύντηξη μεταξύ του Hy1 και Hy2 και μεταξύ των Hy3, Hy4 και Hy5 (Liu, 2001; παρούσα μελέτη). Οι διαφορές που υπάρχουν στα αποτελέσματα των προαναφερθεισών εργασιών αφορούν στην ύπαρξη ή μη της σταδιακής σύντηξης των τεσσάρων πρώτων υποουραίων (Hy1-Hy4), στο μήκος στο οποίο γίνεται η σύντηξη του Hy5 με τα υπόλοιπα υποουραία, στο διαχωρισμό των υποουραίων σε δυο ομάδες (Hy1-Hy2 και Hy3-Hy5) και στη σύντηξη του παρυποουραίου με τα υποουραία. Πιστεύετε πως αυτές οι διαφορές οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μικρό αριθμό δειγμάτων (15 ψάρια) στην εργασία του Liu (2001). Σύντηξη των υποουραίων στοιχείων έχει παρατηρηθεί και σε άλλα είδη της οικογένειας των Carangidae: Έτσι,

στο *S. lalandi* παρατηρείται ολική σύντηξη των Hy1 και Hy2 στα 5.44 mm BL και μερική των Hy3 και Hy4 μετά τα 5.44 mm BL (Kohno, 1997); στο *Caranx crysos* όπου γίνεται σύντηξη των Hy1-Hy2 στα 4.4 mm SL και των Hy3-Hy4 στα 10.9 mm SL (Hilton and Johnson, 2007). Αντίστοιχες συντήξεις παρατηρούνται και σε άλλα είδη της τάξης Perciformes, όπως είναι το *Coryphaena equiselis* (Potthoff, 1980), *L. campehanus* (Potthoff *et al.*, 1988), *Anisostremus davidsoni* (Watson and Walker, 1992), *Pomacanthus arcuatus* (Kelley, 1995), *A. lupus* (Pavlov and Mokness, 1997), και σε είδη της οικογένειας Sparidae (*P. major*, Matsuoka, 1987, *S. aurata*, Koumoundouros *et al.*, 1997a; Faustino and Power, 1998, *D. dentex*, Koumoundouros *et al.*, 1999b, *D. sargus*, Koumoundouros, 2001d, *U. cirrosa*, Νεοφύτου, 2005).

Κατά την ανάπτυξη του ουραίου σκελετού οστά εμφάνισε στο μαγιάτικο παρατηρήθηκαν 3 επουραία (Liu, 2001; παρούσα μελέτη). Η παρούσα μελέτη δίνει περισσότερα στοιχεία για την εμφάνιση αυτών των στοιχείων και για την έναρξη της οστεοποίησης. Οι Hilton and Johnson (2007) που συνέκριναν το ουραίο σκελετό της υποτάξης Carangoidei έδειξαν πως ο αριθμός των επουραίων μεταβάλλεται. Το «Nematistus» έχει τρία επουραία (Rosenblatt and Bell, 1976), το ίδιο και το «Rachycentron» (Fujita, 1990). Ενώ το μοναδικό επουραίο του γένους *Coryphaena* φαίνεται να είναι αποτέλεσμα σύντηξης δυο επουραίων κατά την οντογένεση (Potthoff, 1980). Όσον αφορά την οικογένεια των Carangidae στις υποοικογένειες Trachinotinae, Scomberoidinae και Naucratinae υπάρχουν τρία επουραία (Smith-Valiz, 1984). Εξαίρεση αποτελούν τα *Scombreoides* και *Oligoplites* με δυο επουραία (Smith-Valiz, 1984), καθώς και το είδος *S. lalandi* με τρία ή τέσσερα (υποοικογένεια Naucratinae) (Kohno, 1997). Ενώ, τα ενήλικα άτομα της υποοικογένειας των Caranginae (οικογένεια Carangidae) έχουν μόνο δυο επουραία και οι Smith-Valiz (1984) το θεώρησαν ως συναπόμορφα (synapomorphy) της ομάδας (ενώ προκύπτουν ανεξάρτητα στα γένη *Scombreoides* και *Oligoplites*). Οι Hilton and Johnson (2007) παρατήρησαν την οντογενετική απώλεια του Ep2 στο *C. crysos* (υποοικογένεια Caranginae).

Το μαγιάτικο παρουσιάζει δυο ουρονευρικά στοιχεία (Liu, 2001; παρούσα μελέτη). Η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δυο μελετών είναι στον χρόνο εμφάνισης αυτών των δομών. Ο Liu (2001) παρατηρεί την οστεοποίησή τους στα 6.6 mm SL, ενώ στη παρούσα μελέτη παρατηρείται η εμφάνιση του UrN1 στα 8.1 mm TL και του UrN2 στα 9.5 mm TL γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε διατροφικούς και θερμοκρασιακούς παράγοντες. Στο *S. lalandi* η εμφάνιση του UrN1 παρατηρείται

στα 7.12 mm BL, και του UrN2 στα 8.70 mm BL (Kohno, 1997). Στο *C. crysos* ένα ζεύγος ουρονευρικών εμφανίζεται για πρώτη φορά στα 6.6 mm SL και σε μετέπειτα στάδια συντήκονται κοιλιακά με το κέντρο του ουρόστυλου, ενώ παρατηρήθηκε και δεύτερο ζεύγος στα 8.9 mm SL το οποίο θεωρήθηκε ως παραμόρφωση (Hilton and Johnson, 2007). Η παρουσία των ουρονευρικών οστών θεωρείται χαρακτηριστικό στοιχείο των τελεοστέων (Patterson, 1968; Lauder and Liem, 1983), αλλά μια σταδιακή μείωση αυτών των στοιχείων έχει παρατηρηθεί από τους Ιουρασηκούς προς τους σύγχρονους τελεοστέους (Patterson, 1968). Σε άλλα ακτινοπερύγια παρατηρείται ανεξάρτητη απώλεια αυτών των στοιχείων όπως γίνεται στα *Sygnasthus* (Bartolino, 2005), *Scarus*, *Gobius* και *Merluccius* (Monod, 1968).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκαν συνολικά πέντε βοηθητικοί χόνδροι στο ουραίο περύγιο. Κάτι τέτοιο δε φαίνεται να παρατήρησε ο Liu (2001) στο μαγιάτικο. Χόνδρινες δομές έχουν παρατηρηθεί και σε άλλο γένος της οικογένειας των Carangidae. Έτσι, στο *C. crysos* παρατηρούνται συνολικά τρεις χόνδρινες δομές (Hilton and Johnson, 2007). Παρομοίως έχουν αναφερθεί και σε άλλα είδη μεταξύ των Perciformes, όπως είναι τα *P. major* (Matsuoka, 1987), *S. aurata* (Koumoundouros *et al.*, 1997a; Faustino and Power, 1998), *P. kauderni* (Vagelli, 1999), *D. dentex* (Koumoundouros *et al.*, 2001d), *D. sargus* (Koumoundouros, 2001b), *S. melanostictus* (Matsuoka, 1997), *P. erythrinus* (Sfakianakis *et al.*, 2004), *D. puntazzo* (Sfakianakis *et al.*, 2005) και *U. cirrosa* (Νεοφύτου, 2005). Ο αριθμός και η κατανομή αυτών των χόνδρινων δομών είναι χαρακτηριστικό κάθε είδους ή ενός τάξου, και πιθανότατα έχουν μια ευρεία συστηματική σκοπιμότητα (Johnson, 1984; Matsuoka, 1987).

4.3.2 Ραχιαίο και εδρικό περύγιο

Στα Perciformes το πιο κοινό πρότυπο ανάπτυξης του εδρικού και ραχιαίου περυγίου συνίσταται στο σχηματισμό του εδρικού και του οπίσθιου τμήματος του ραχιαίου περυγίου πριν από το πρόσθιο ραχιαίο περύγιο, ενώ παράλληλα εμφανίζουν το stay (Johnson, 1984; Potthoff *et al.*, 1984; Watson and Walker, 1992; Faustino and Power, 1999; Koumoundouros *et al.*, 2001c, d; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005). Το μαγιάτικο δε φαίνεται να ακολουθεί το παραπάνω πρότυπο ανάπτυξης, καθώς παρατηρείται ο ταυτόχρονος σχηματισμός του πρόσθιου και οπίσθιου

τμήματος του ραχιαίου πτερυγίου, παρόλη την ύπαρξη του stay (παρούσα μελέτη). Το ίδιο ισχύει και στο *U. cirrosa* (Νεοφύτου, 2005).

Τα εγγύς και τα άπω πτερυγιοφόρα στο μαγιάτικο προέρχονται από διαφορετικά χονδρογενή στοιχεία. Αυτό το πρότυπο παρατηρείται σε πολλά είδη ψαριών (Potthoff, 1975, 1980; Potthoff *et al.*, 1980; Potthoff and Kelley, 1982; Kohno and Taki, 1983; Potthoff *et al.*, 1984, 1987, 1988; Matsuoka, 1987, 1997; αναθεώρηση από Potthoff and Tellock, 1993; Imamura and Yabe, 1998; Faustino and Power, 1999; Koumoundouros *et al.*, 2001c, d; Velez *et al.*, 2003; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005; Νεοφύτου, 2005).

Πολλοί Τελεόστεοι εμφανίζουν τριμερή πτερυγιοφόρα (middle radials) τόσο στο ραχιαίο όσο και στο εδρικό πτερύγιο. Σύμφωνα με τον Johnson (1984), πολλά Percοidei εμφανίζουν τριμερή πτερυγιοφόρα στο οπίσθιο τμήμα του δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου και στο εδρικό. Στο *P. major* παρατηρήθηκαν 2-4 ραχιαία και 1-4 εδρικά middle radials (45.4 mm TL) (Matsuoka, 1987). Στο *S. melanostictus* (Clupeiformes: Clupeoidei: Clupeidae) παρατηρήθηκαν στο ραχιαίο πτερύγιο (Matsuoka, 1997). Στην παρούσα μελέτη, όπως και σε άλλες (Faustino and Power, 1998; Koumoundouros, 2001c, d; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005; Νεοφύτου, 2005), δε παρατηρήθηκε κανένα τριμερές πτερυγιοφόρο. Πιθανόν επειδή εμφανίζεται σε μετέπειτα στάδιο. Ενώ, οι Potthoff and Tellock (1993) υποστηρίζουν πως η απουσία τους οφείλεται σε φυλογενετική μείωση.

4.3.3 Θωρακικά πτερύγια

Η ανάπτυξη του θωρακικού πτερυγίου ξεκίνησε αρκετά γρήγορα μετά την εκκόλαψη του μαγιάτικου με την ανάπτυξη του Fp και του Co-Sc. Ο σχηματισμός των λεπιδοτρίχιων στο μαγιάτικο έχει φορά από πάνω προς τα κάτω. Το ίδιο πρότυπο ακολουθούν και άλλα ψάρια (*P. major*, Matsuoka, 1987, *S. aurata*, Faustino and Power, 1999, *D. dentex*, Koumoundouros *et al.*, 2001c, *D. sargus*, Koumoundouros *et al.*, 2001d, *P. erythrinus*, Sfakianakis *et al.*, 2004, *U. cirrosa*, Νεοφύτου, 2005). Αυτός ο τύπος ανάπτυξης φαίνεται να διατηρείται σε όλους τους τελεοστέους (Potthoff *et al.*, 1984). Η γρήγορη ανάπτυξη των θωρακικών πτερυγίων και των στηρικτικών στοιχείων, μπορεί να σχετίζεται με το σημαντικό ρόλο που παίζουν τα σκελετικά στοιχεία στην κολύμβηση με ελιγμούς της νύμφης.

Κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα των Perciformes όσον αφορά τα θωρακικά πτερύγια αποτελεί το επικορακοειδές τρήμα. Το μαγιάτικο παρουσιάζει, όπως πολλά άλλα είδη ψαριών (Houde and Potthoff, 1976; Potthoff *et al.*, 1984, 1988; Matsuoka, 1987; Watson, 1987; Watson and Walker, 1992; Faustino and Power, 1999; Koumoundouros *et al.*, 2001c, d; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005), αυτό το χαρακτηριστικό, ενώ κάποια είδη παρουσιάζουν και ένα τρήμα στο κορακοειδές (Emery, 1973; Taki *et al.*, 1986; Potthoff *et al.*, 1987; Potthoff and Tellock, 1993; Νεοφύτου, 2005). Κάτι τέτοιο δε παρατηρήθηκε στο μαγιάτικο (Liu, 2001; παρούσα μελέτη).

4.3.4 Κοιλιακά πτερύγια

Η πορεία ανάπτυξης των κοιλιακών πτερυγίων στο *S. dumerili* (παρούσα μελέτη) αποτελεί ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό των Perciforms (Potthoff *et al.* 1987). Κάποια ψάρια όπως το *Xiphias gladius* δεν εμφανίζουν κοιλιακά πτερύγια (Potthoff and Kelley, 1982).

Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με αυτά του Liu (2001), προκύπτει πως η σειρά εμφάνισης των ακτίνων διαφέρει (**Πίνακας 7**). Ο Liu (2001) παρατηρεί την εμφάνιση της σκληρής ακτίνας μετά από τον σχηματισμό των πέντε λεπιδοτρίχιων. Το αντίθετο συμβαίνει στη παρούσα εργασία, όπου πρώτα εμφανίζεται η σκληρή ακτίνα και μετά έχουμε τον σχηματισμό και των πέντε λεπιδοτρίχιων. Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στον μικρό αριθμό δειγμάτων που παρατηρήθηκαν στην άλλη μελέτη.

Τέλος, σε αντίθεση με άλλες μελέτες (Matsuoka, 1987, 1997; Johnson, 1992; Potthoff and Tellock, 1993; Faustino and Power, 1999; Koumoundouros *et al.*, 2001c, d; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005; Νεοφύτου, 2005) δεν παρατηρήθηκε μεταπτερύγιο στο *S. dumerili*. Ίσως οφείλεται στην δύσκολη προσέγγιση οπτικά του στοιχείου αυτού.

Πίνακας 7: Συνοπτική παρουσίαση των διαφορών των στοιχείων του σκελετού του *S. dumerili*, μεταξύ της παρούσας εργασίας και αυτής του Liu (2001)

Χαρακτήρας	Παρούσα μελέτη	Liu, 2001
Τύπος δειγμάτων	Εκτροφή μεσοκόσμου	Φυσικό περιβάλλον (παραλιακά της Taiwan)
Αριθμός δειγμάτων	141	15
Εύρος του μήκους των δειγμάτων	3.9 - 27.0 mm TL	6.6 mm NL - 32 mm SL
Σπονδυλική στήλη		
Σχηματισμός πρώτων NS, HS και U (μήκος)	NS1-NS2 (4.6 mm TL), HS3-HS5 (4.8 mm TL) U1-U3 (4.8 mm TL)	-
εμφάνιση όλων των NS, HS και U (με το Ur)	NS (6.3 mm TL) HS (6.0 mm TL) U (7.3 mm TL)	NS, HS και U (6.6 mm SL)
Έναρξη ασβεστοποίησης NS, HS, Pr και Pr (μήκος)	NS1-NS4 (4.8 mm TL), HS1-HS6 (5.3 mm TL), Pr1 (5.1 mm TL) Pr1-Pr4 (7.3 mm TL)	17 NS (6.6 mm NL) 13 HS (6.6 mm NL) - Pr - Pr
πλήρη σχηματισμό όλων των NS, HS, Pr, Pr και U	NS (23.8 mm TL) HS - Pr (11.0 mm TL) Pr - U (12.5 mm TL)	NS (21.8 mm SL) HS (21.8 mm SL) Pr - Pr - U (12.7 mm SL)
Συνολικός αριθμός NS, HS, U (με το Ur), Pr και Pr	23 NS, 13 HS, 24 U, 6 Pr και 8 Pr.	22 NS, 22 HS, 24 U, - Pr και 8 Pr.
Οστεοποίηση όλων των σπονδύλων U (με το Ur)	7.3 mm TL	8.1 mm TL
Ουραίο πτερύγιο		
άνω και κάτω λεπιδοτρίχια (πιο κοινώς αριθμός)	9 και 9	9 και 7-10 (7)
άνω και κάτω δερματοτρίχια (πιο κοινώς αριθμός)	11-13 (12) και 10-12 (10)	11-12 (12) και 9-12 (11)
Πλήρη σύντηξη υποουραίων και παρυποουραίου	9.0 mm TL	12.7 mm SL
Πλήρη οστεοποίηση 5 υποουραίων	-	27.2 mm SL
Συνολικός αριθμός επουραίων	3	3
Αρχή οστεοποίησης ουρονευρικών	8.1 mm TL UrN1 και 9.5 mm TL UrN2	6.6 mm NL (Urn1 και Urn2)
Πλήρη οστεοποίηση ουρονευρικών	14.9 mm TL	16.1 mm SL
Συνολικός αριθμός Ac	5	-
Ραχιαίο πτερύγιο		
Εμφάνιση προραχιαίων οστών	Prd1 (7.2 mm TL) Prd2-Prd3 (7.3 mm TL)	3 Prd (8.1 mm SL)
Έναρξη της οστεοποίησης των προραχιαίων οστών	Prd1 (8.0 mm TL) Prd2 (9.0 mm TL) Prd3 (9.8 mm TL)	21.8 mm SL
Ολοκλήρωση προραχιαίων οστών	18.6 mm TL	-
σύντηξη του stay με το τελευταίο Prx	11.3 mm TL	- mm SL
Συνολικός αριθμός Prx (μήκος)	39-41 (8.6 mm TL)	38 (16.8 mm SL)
οστεοποίηση όλων των Prx	10.8 mm TL	15.9 mm SL
Συνολικός αριθμός Dr (μήκος)	39-41 (9.5 mm TL)	-
οστεοποίηση των Dr	10.3 mm TL	12.7 mm SL
Συνολικός αριθμός σκληρών και	7-8 (8.1 mm TL) και 31-34 (8.8	7-8 (12.6 mm SL) και 31-32

μαλακών ακτίνων (μήκος)	mm TL)	(21.8 mm SL)
Εδρικό πτερύγιο		
σύντηξη του stay με το τελευταίο Prx	10.3 mm TL	16.8 mm SL
Συνολικός αριθμός Prx (μήκος)	20-23 (7.3 mm TL)	21 (16.8 mm SL)
οστεοποίηση όλων των Prx	14.0 mm TL	27.2 mm SL
Συνολικός αριθμός Dr (μήκος)	20-23 (9.5 mm TL)	-
οστεοποίηση των Dr	12.7 mm TL	12.7 mm SL
Συνολικός αριθμός σκληρών και μαλακών ακτίνων (μήκος)	3 (7.2 mm TL) και 19-21 (9.2 mm TL)	2-3 (8.1 mm SL) και 20 (15.9 mm SL)
Θωρακικά πτερύγια		
Συνολικός αριθμός λεπιδοτρίχιων (μήκος)	20-21 (12.5 mm TL)	20 (15.9 mm SL)
Έναρξη οστεοποίησης Co	6.8 mm TL	16.8 mm SL
Έναρξη οστεοποίησης Sca	7.4 mm TL	15.9 mm SL
Σχηματισμός Scf	7.0 mm TL	-
Οστεοποίηση Prop	16.0 mm TL	-
Οστεοποιούμενη κατάσταση των 4 Prx	9.1 mm TL	21.8 mm SL
Κοιλιακά πτερύγια		
Συνολικός αριθμός σκληρών ακτίνων και λεπιδοτρίχιων (μήκος εμφάνισης)	1 (6.3 mm TL) και 5 (9.0 mm TL)	1 (8.1 mm SL) και 5 (6.6 mm NL)
Έναρξη οστεοποίησης Br	7.3 mm TL	6.6 mm NL
Ολοκλήρωση Br	11.6 mm TL	8.1 mm SL

Όπου – δεν παρατηρήθηκε το εν λόγω χαρακτηριστικό.

5. Βιβλιογραφία

- Βαβαρούτα, Β., Κουτρα, Ι., Γιαννακοπούλου, Α., Ρογδάκης, Ι., Μπαταργιάς, Κ., Λεονάρδος, Ι. και Κατσέλης, Γ., 2003. Μορφολογική σύγκριση φυσικών και εκτρεφόμενων πληθυσμών. Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων. Πρέβεζα 10-13 Απριλίου 2003. 207-210 pp.
- Κεντούρη, Μ., 1998. Σημειώσεις προπτυχιακού μαθήματος, Υδατοκαλλιέργειες - Παγκόσμια πρακτική και αποδόσεις. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα βιολογίας. 177 p.
- Κουμουνδούρος, Γ., 1998. Οντογένεση της λειτουργικής μορφολογίας και κριτήρια ποιότητας των νυμφών και ιχθυδίων της συναγρίδας *Dentex dentex* (L. 1758), σε συνθήκες εκτροφής. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο, 155 p.
- Κουμουνδούρος, Γ., 2006. Η κυανή επανάσταση: σημειώσεις για το μάθημα Υδατοκαλλιέργειες. Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Βιολογίας. Τομέας Βιολογίας Ζώων. 216 p.
- Λάγκη, Α., 2005. Επίδραση της θερμοκρασίας ανάπτυξης στις σκελετικές παραμορφώσεις και στους μεριστικούς χαρακτήρες στο zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton, 1822). Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα Βιολογίας. 57 p.
- Λέρης, Ι., 2006. Επίδραση της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη διαφοροποίηση του σχήματος του σώματος στο zebrafish (*Danio rerio*, Hamilton, 1822). Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα Βιολογίας. 50 p.
- Νεοφύτου, Μ., 2005. Μελέτη της οντογένεσης του σκελετού και των παραμορφώσεων του στο μυλοκόπι, *Umbrina cirrosa* (Linnaeus, 1758). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα Βιολογίας. 102p.
- Παπαδάκης, Ι., 2004. Βιολογική προσαρμογή και διατροφική συμπεριφορά του μαγιάτικου (*Seriola dumerilii* Risso 1810) υπό συνθήκες διαφορετικής περιεκτικότητας υγρασίας στην τροφή. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα Βιολογίας. 130 p.
- Σφακιανάκης, Δ., 2000. Ανάπτυξη της σπονδυλικής στήλης και του σκελετού των εξαρτημάτων στο σαργό *Diplodus sargus* (L. 1758). Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας, Ηράκλειο. 34 p.
- Σφακιανάκης, Δ., 2003. Επίδραση της θερμοκρασίας και των ρευματικών συνθηκών του μέσου διαβίωσης στην ανάπτυξη της λórδωσης στο λαβράκι,

- Dicentrarchus labrax* (L. 1758). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα Βιολογίας. 96pp.
- Abdel, I., Abellan, E., Lopez-Albors, O., Valdes, P., Nortes, M.J. and Garcia-Alcazar, A., 2004. Abnormalities in the juvenile stage of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) reared at different temperatures: types, prevalence and effect on growth. *Aquaculture International*, 12: 523-538.
- Abellan, E. and Basurco, B., 1999. Marine finfish species diversification: Current situation and prospects in Mediterranean aquaculture. In: *Marine Finfish Species Diversification: Current Situation and Prospects in Mediterranean Aquaculture*. Cahiers Options Mediterraneennes. Serie B. 139p.
- Afonso, J.M., Montero, D., Robaina, L., Astorga, N, Izquierdo, M.S. and Gines, R., 2000. Association of a lordosis-scoliosis-kyphosis deformity in gilthead seabream (*Sparus aurata*) with family structure. *Fish Physiology and Biochemistry*, 22: 159-163.
- Ahn, D.-G. and Gibson, G., 1999. The axial variation in the threespine stickleback: genetic and environmental factors. *Evolution and development*, 1: 100-112.
- Alcaide, E., 2003. Numerical taxonomy of *Vibrionaceae* isolated from cultured amberjack (*Seriola dumerili*) and surrounding water. *Current Microbiology*, 46: 184-189.
- Andaloro, F., Potoschi, A. and Porrello, S., 1992. Contribution to the knowledge of growth of greater amberjack, *Seriola dumerili* (Cuv., 1817) in the Sicilian Channel (Mediterranean Sea). *Rapp. Comm. Int. Mer Mediterr.*, 33: 282 p.
- Andaloro, F. and Pipitone, C., 1997. Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili*, in the Central Mediterranean Sea during the spawning season. *Les Cahiers de Biologie Marine*, 38: 91-96.
- Andaloro, F., Campo, D., Sinopoli, M., Castriota, L. and Campagnuolo, S., 2003. Pelagic fish community associated with FADs in the Sicilian coast (Southern Tyrrhenian Sea). In: *Proceedings of the first symposium on ecosystems and molecular approach 5-9 March 2001*. Universidade da Madeira, Centro de Ciencias Biologicas e Geologicas, Funchal (Portugal), 78-83 pp.
- Andrades, J.A., Becerra, J. and Fernández-Llebrez, P., 1996. Skeletal deformities in larval, juvenile and adult stages of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture*, 141: 1-11.

- Badalamenti, F., D'Anna, G., Lopiano, L., Scilipoti, D. and Mazzola, A., 1995. Feeding habits of young-of-the-year greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810) along the N/W Sicilian Coast. *Science Marina*, 59: 317-323.
- Bartoli, P. and Bray, R.A., 2004. Four species of *Stephanostomum* Looss, 1899 (Digenea: Acanthocolpidae) from *Seriola dumerili* (Risso) (Teleostei: Carangidae) in the western Mediterranean, including *S. euzeti* n. sp. *Systematic Parasitology*, 58: 41-62.
- Bartoli, P., Bray, R.A. and Montero, F.E., 2004. *Tormopsolus orientalis* Yamaguti, 1934 (Digenea: Acanthocolpidae) from *Seriola dumerili* (Risso) (Perciformes: Carangidae) in the western Mediterranean Sea. *Systematic Parasitology*, 57: 201-209.
- Bartolino, V., 2005. Skeletal organization of caudal fin in *Syngnathus abaster* (Osteichthyes, Syngnathidae). *International Journal of Morphology*, 23: 305-308.
- Bartoli, P. and Bray, R.A., 2005. Two species of the fish digenean genus *Rhipidocotyle* Diesing, 1858 (Bucephalidae) reported for the first time from European seas. *Systematic Parasitology*, 62: 47-58.
- Bartoli, P., Bray, R.A. and Gibson, D.I., 2005. Three poorly known and rarely reported bucephalid species (Digenea) in fishes from the Western Mediterranean. *Systematic Parasitology*, 62: 135-149.
- Basurco, B. and Abellan, E., 1999. Finfish species diversification in the context of Mediterranean marine fish farming development. *Cahiers Options Mediterraneennes*, 24: 9-26.
- Basurco, B. and Lovatelli, A., 2003. The aquaculture situation in the Mediterranean sea predictions for the future. International Conference on the Sustainable Development of the Mediterranean and Black Sea Environment, Greece, Thessaloniki. 6p. <http://www.iasonnet.gr/> (01.07.2007).
- Batty, R.S., Blaxter, J.H.S. and Fretwell, K., 1993. Effect of temperature on the escape responses of larval herring, *Clupea harengus*. *Marine Biology*, 115: 523-528.
- Bauchot, M.-L., 1987. Poissons osseux. In: W. Fischer, M.L. Bauchot and M. Schneider (Eds.) Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II. Commission des Communautés Europeennes and FAO, Rome. p. 891-1421.

- Benetti, D.D., 1997. Spawning and larval husbandry of flounder (*Paralichthys woolmani*) and Pacific yellowtail (*Seriola mazatlana*), new candidate species for aquaculture. *Aquaculture*, 155: 307-318.
- Benetti, D.D., Nakada, M., Minemoto, Y., Huchinson, W., Shotton, S. and Tindale, A., 2001. Aquaculture of yellowtail amberjacks Carangidae: current status, progress and constraints. *Aquaculture 2001: Book of Abstracts JM Parker Coliseum, Louisiana State University. World Aquaculture Society, Baton Rouge*, 56: 143pp.
- Bengtson, D.A., 1999. Aquaculture of summer flounder (*Paralichthys dentatus*): status of knowledge, current research and future research priorities. *Aquaculture*, 176: 39-49.
- Bengtsson B.-E., 1979. Biological variables, especially skeletal deformities in fish, monitoring marine pollution [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 286B: 457-464.
- Bengtsson, A., Bengtsson, B.E. and Lithner, G., 1998. Vertebral defects in fourhorn sculpin, *Myoxocephalus quadricornis* L., exposed to heavy metal pollution in the Gulf of Bothnia. *Journal of Fish Biology*, 33: 517-529.
- Berry, F.H., 1969. *Elagatis bipinnulata* (Pisces: Carangidae): morphology of the fins and other characters. *Copeia*: 454-463.
- Blaxter, J.H.S., 1992. The effect of temperature on larval fishes. *Netherlands Journal of Zoology*, 42: 336-357.
- Boglione, C., Marino, G., Ferreri, F., Finora, M.G., Scardi, M., Fresi, E. and Cataudella, S., 1994. Anatomical aspects for seed quality assessment in sea bass (*Dicentrarchus labrax*): hatchery and wild populations. In: Kestemont P., Muir J., Sevilla F., Williot P. (eds.). *Measures for success - metrology and instrumentation in aquaculture management. Bordeaux aquacultures 1994 Int. Conf. Bordeaux, France. March 23-25, 1994. GEMAGREF, France. 191-197 pp.*
- Boglioni, C., Gagliardi, F., Scardi, M. and Cataudella, S., 2001. Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild-caught and hatchery-reared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758). *Aquaculture*, 192: 1-22.
- Boglione C., Costa C., Di Dato P., Ferzini G., Scardi M. and Cataudella S., 2003. Skeletal quality assessment of reared and wild sharpsnout sea bream and pandora juveniles. *Aquaculture*, 227: 373-394.

- Bolla, S. and Holmefjord, I., 1988. Effect of temperature and light on development of Atlantic halibut larvae. *Aquaculture*, 74: 355-358.
- Britz R. and Johnson G.D., 2004. Leis' conundrum: Homology of the clavus of the ocean sunfishes. 1. Ontogeny of the median fins and axial skeleton of *Monotretete leiurus* (Teleostei, Tetraodontiformes, Tetraodontidae). *Journal of Morphology*, 266:1-10.
- Brown A.L., Busby M.S. and Mier K.L., 2001. Walley pollock *Theragra chalcogramma* during transformation from the larval to juvenile stage: Otolith and osteological development. *Marine Biology*, 139: 845-851.
- Burney, L.P. and Burney, D.A., 2003. Charcoal stratigraphies for Kaua'i and the timing of human arrival. *Pacific Science*, 57: 211-226.
- Cabral, H.N., Marques, J.F., Rego, A.L., Catarino, A.I., Figueiredo, J., and Garcia, J. 2003. Genetic and morphological variation of *Synaptura lusitanica* Capello, 1868, along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research*, 50: 167-175.
- Cahu, C., Zambonino Infante, J. and Takeuchi, T., 2003. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, 227: 245-258.
- Campinho M.A., Moutou K.A. and Power D.M., 2004. Temperature sensitivity of skeletal ontogeny in *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Fish Biology*, 65: 1003-1025.
- Catarci, C., 2007. Seabass and Seabream Market Report - May 2007. FAO Globefish. <http://www.infofish.org/marketreports/sas0507.html> (18.07.2007).
- Cavaliere, A., Crisafi, E., Faranda, F., Greco, S., Lo Paro, G., Manganaro, A. and Mazzola, A., 1989. Collection of fingerling and rearing of *Seriola dumerilii* in tanks. In: de Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N. (Eds.), *Aquaculture: A Biotechnology in Progress*. European Aquaculture Society, Belgium. pp 119-123.
- Chambers, R.C. and Legget, W.C., 1987. Size and age at metamorphosis in marine fishes: An analysis of laboratory-reared winter flounder (*Pleuronectes americanus*) with a review of variation in other species. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44: 1936-1947.
- Chatain, B., 1994a. Estimation et amélioration des performances zootechniques de l'élevage larvaire de *Dicentrarchus labrax* et de *Sparus auratus*. Thèse Doctorale es Sciences, Université d'Aix-Marseille II 199p.

- Chatain, B., 1994b. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture*, 119: 371-379.
- Chen, W.-M., Umeda, N., Mitsuboshi, T. and Hirazawa, N., 2007. Circadian self-feeding rhythms in greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso). *Journal of Fish Biology*, 70: 451-461.
- Commission of the European Communities, 2002. A strategy for the sustainable development of European aquaculture. COM(2002) 511 final. Brussels, 19.9.2002. 26p.
- Corti, M., Loy, A. and Cautadella, S., 1996. Form changes in the sea bass, *Dicentrarchus labrax* Moronidae: Teleostei, after acclimation to freshwater: an analysis using shape coordinates. *Environmental Biology of Fishes*, 47: 165-175.
- Costa, J.L., de Almeida, P.R. and Costa, M.C., 2003. A morphometric and meristic investigation of Lusitanian toadfish *Halobatrachus didactylous* (Bloch and Schneider, 1801): evidence of population fragmentation on Portuguese coast. *Science Marine*, 67: 219-231.
- Crespo, S., Grau, A. and Padros, F., 1990. Epitheolocystis disease in the cultured Amberjack, *Seriola dumerili* Risso (Carangidae). *Aquaculture*, 90: 197-207.
- Crespo, S., Grau, A. and Padros, F., 1994. Short communication - The intensive culture of 0-group amberjack in the western Mediterranean is compromised by disease problems. *Aquaculture International*, 2: 262-265.
- D'Anna, G., Fadalamenti, F. and Riggio, S., 1999. Traditional and experimental fish aggregating devices in the Gulf of Castellammare (NW Sicily): results from catches and visual observations. *Scientia Marina*, 63: 209-218.
- Daoulas, C.H., Economou, N.A. and Bantavas, I., 1991. Osteological abnormalities in laboratory reared sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture*, 97: 169-180.
- de la Gandara, F., Garcia-Gomez, A. and Jover, M., 2002. Effect of feeding frequency on the daily oxygen consumption rhythms in young Mediterranean yellowtails (*Seriola dumerili*). *Aquacultural Engineering*, 26: 27-39.
- de la Gandara, F. and Garcia-Gomez, A., 2004. Reproduction of *Seriola dumerili* in captivity: experiences and related problems. In: *Advances in biotechnologies*

- applied to the reproduction of captive fish. University of Bari. 26-27 MARZO 2004. 4p.
- de la Gandara, F., Jover, M. and Garcia-Gomez, A., 2004. Effect of continuous food supply on the oxygen consumption of young Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili* Risso, 1810). *Aquaculture International*, 12: 205-213.
- de Monbrison, D., 2004. Mediterranean marine aquaculture and environment. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation in Barcelona. 29-30 April 2004. 34p
- Dedi, J., Takeuchi, T., Seikai, T. and Watanabe, T., 1995. Hypervitaminosis and safe levels of vitamin A for larval flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 133: 135-146.
- Deudero, S., Merella P., Morales-Nin, B., Massuti, E. and Alemany, F., 1999. Fish communities associated with FADs. *Scientia Marina*, 63: 199-207.
- Dhert, P., Lavens, P., Duray, M. and Sorgeloos, P., 1990. Improved larval survival at metamorphosis of Asian seabass (*Lates calcarifer*) using w3-HuFA-enriched live food. *Aquaculture*, 90: 63-70.
- Dhert, P., Divanach, P., Kentouri, M. and Sorgeloos, P., 1998. Rearing techniques of difficult marine fish larvae. *World Aquaculture*, 48-55.
- Dickson, K.A., Donley, J.M., Sepulveda, C. and Bhoopat, L., 2002. Effects of temperature on sustained swimming performance and swimming kinematics of the chub mackerel *Scomber japonicus*. *Journal of Experimental Biology*, 205: 969-980.
- Ditty, J.G., Shaw, R.F. and Fuiman, 2005. Larval development of five species of blenny (Teleostei: Blenniidae) from the western central North Atlantic, with a synopsis of blennioid family characters. *Journal of Fish Biology*, 66: 1261-1284.
- Divanach, P. and Kentouri, M., 2000. Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. In: Proceedings of the CIHEAM TECAM network field in Zaragoza, 24-28 May, 1999. *Cahiers Options Mediterraneennes*, 47: 75-87.
- Divanach, P., 1985. Contribution a la connaissance de la biologie et de l'élevage de 6 sparidés Méditerranéens: *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*, *Lithognathus mormyrus*, *Puntazzo puntazzo* (Poissons téléostéens). Thèse de doctorat des Sciences. Université de Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier. 479 p.

- Divanach, P., Boglione, C., Menu, B., Koumoundouros, G., Kentouri, M. and Cataudella, S., 1996. Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solutions. In: Seabass and Seabream culture: Problems and Prospects (Chatain, B., Saroglia, M., Sweetman, J., Lavens, P., eds.). Oostende, Belgium: European Aquaculture, Society. pp. 45-66.
- Divanach, P., Papandroulakis, N., Anastasiadis, P., Koumoundouros, G and Kentouri, M., 1997. Effects of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture*, 156: 145-155.
- Divanach, P., 2002. Recent developments in the domestication of new mediterranean species, Special publication No.32. In: Basurco, B., Sagolia, M. (Eds.), *Sea farming Today and tomorrow*. European Aquaculture Society, Belgium. pp 35-41.
- Divanach, P., 2004. New species in Mediterranean aquaculture (strengths and weakness). PROFET Workshop - Hatchery techniques. Bordeaux 16-17 January 2004. Presentation can be viewed in: http://www.aquamedia.org/news/RTD/profet/fr/divanach_en.asp (11/08/2007).
- Doiuchi, R., Sato, T. and Nakabo, T., 2004. Phylogenetic relationships of the stromateoid fishes (Perciformes). *Ichthyological Research*, 51: 202-212.
- Dunn, J.R., 1984. Developmental osteology. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW, Richardson SL (eds). *Ontogeny and systematics of fishes*. Special publication no. 1, American Society of Ichthyology and Herpetologists, Allen Press, Lawrence, Kan., 48-50 pp.
- El-Zibdeh, M.K., Tachihara, K., Tsukamasa, Y., Tagawa, M. and Ishimatsu, A., 1996. Effect of triiodothyronine injection of broodstock fish on seed production in cultured seawater fish. *Aquaculture Science*, 44: 487-496.
- Emery, A.R., 1973. Ecology and functional osteology damselfish (Pisces: Pomacentridae) at Alligator Reef, Florida Keys. *Bulletin of Marine Science*, 23: 649-770.
- Ernst, I., Whittington, I.D., Corneillie, S. and Talbot, C., 2005. Effects of temperature, salinity, desiccation and chemical treatments on egg embryonation and hatching success of *Benedenia seriolae* (Monogenea: Capsalidae), a parasite of farmed *Seriola spp.*. *Journal of Fish Diseases*, 28: 157-164.

- FAO, 2006. Report of the Experts Meeting for the Re-establishment of the GFCM Committee on Aquaculture Network on Environment and Aquaculture in the Mediterranean. Rome, 7-9 December 2005. FAO Fisheries Report. No. 791. Rome, FAO. 2006. 60p.
- FAO, 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2006. Rome.
- Faustino, M. and Power, D.M., 1998. Development of osteological structures in the sea bream: vertebral column and caudal fin complex. *Journal of Fish Biology*, 52: 11-22.
- Faustino, M. and Power, D.M., 1999. Development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. *Journal of Fish Biology*, 54: 1-17.
- Favaloro E and Mazzola A., 2003. Meristic variation and skeletal anomalies of wild and reared sharpsnout seabream juveniles (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) off coastal Sicily, Mediterranean Sea. *Aquaculture Research*, 34: 575-579.
- FEAP (Federation of European Aquaculture Producers), 2007. National production. European aquaculture productions. http://www.feap.info/Production/euproduction/euproduction_en.asp? (20/08/2007)
- Ferreri F., Nicolais C., Boglione C. and Bertolini B., 2000. Skeletal characterization of wild and reared zebrafish: anomalies and meristic characters. *Journal of Fish Biology*, 56: 1115-1128.
- Fischer, W., 1973. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire, Zone de Pêche 37. Vol. II: Vertébrés. FAO, Rome.
- Fischer, W., 1978. FAO species identification sheets for fishery purposes, western central Atlantic (fishing area 31), Vol. II. Marine Resources Services, Fishery Resources and Environment Division, FAO Fisheries Department, Rome.
- Fischer, W., Schneider, M. and Bauchot, M.L. (Eds.), 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire, Zone de Pêche 37, Vol. II: Vertébrés. Révision 1. FAO, Rome.
- Fisher S. and Halpern M.E., 1999. Patterning the zebrafish axial skeleton requires early chordin function. *Nature Genetics*, 23: 442-446.
- Franklin, C.E., Wilson, R.S. and Davison, W., 2003. Locomotion at -1.0 °C: burst swimming performance of five species of Antarctic fish. *Journal of Thermal Biology*, 28: 59-65.

- Fraser, M.R., Anderson, T.A. and de Nys, R., 2004. Ontogenic development of the spine and spinal deformities in larval barramundi (*Lates calcarifer*) culture. *Aquaculture*, 242: 697-711.
- Froese, R. and Pauly, D. (Eds.), 2007. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (05/2007).
- Fuiman, L.A. and Batty, R.S., 1997. What a drag it is getting cold: partitioning the physical and physiological effects of temperature on fish swimming. *Journal of Experimental Biology*, 200: 1745-1755.
- Fuiman, L.A., 1983. Growth gradients in fish larvae. *Journal of Fish Biology*, 23: 117-123.
- Fuiman, L.A., Polling, K.R. and Higgs, D.M., 1998. Quantifying developmental progress for comparative studies of larval fishes. *Copeia*: 602-611.
- Fujita, K., 1990. *The Caudal Skeleton of Teleostean Fishes*. Tokai University Press, Tokyo.
- Fukuhara, O., 1990. Effects of temperature on yolk utilization, initial growth and behaviour of unfed marine fish-larvae. *Marine Biology*, 106: 169-174.
- Fukuhara, O., 1992. Study on the development of functional morphology and behaviour of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. *Contr. Fish Res. Japan Sea Block*, 25: 1-122.
- Galanopoulos, K., 2005. Agri.Med. Agriculture, fishery, food and sustainable rural development in the Mediterranean region. CIHEAM annual report - GREECE. 24p.
- Galloway, T.F., Kjorsvik, E. and Kryvi, H., 1999. Muscle growth in yolk-sac larvae of the Atlantic halibut as influenced by the temperature in the egg and yolk-sac stage. *Journal of Fish Biology*, 55: 26-43.
- Garcia-Hernandez, M.P., Koide, Y., Diaz, M.V. and Kawauchi, H., 1997. Isolation and characterization of two distinct gonadotropins from the pituitary gland of Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerilii* (Risso, 1810). *General and Comparative Endocrinology*, 106: 389-399.
- Garcia Hernandez, M.P., Garcia Ayala, A., Agulleiro, B., Garcia, A., van Dijk, W. and Schulz, R.W., 2002b. Development of a homologous radioimmunoassay for Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*, Risso 1810) LH. *Aquaculture*, 210: 203-218.

- Garcia Hernandez, M.P., Garcia Ayala, A., Zandbergen, M.A. and Agulleiro, B., 2002a. Investigation into the duality of gonadotropic cells of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*, Risso 1810): immunocytochemical and ultrastructural studies. *General and Comparative Endocrinology*, 128: 25-35.
- Garcia, A. and Diaz, M.V., 1995. Culture of *Seriola dumerilii*. *Cahiers Options Méditerranéennes, Marine Aquaculture Finfish Species Diversification*, vol. 16. CIHEAM, Zaragoza, Spain, pp. 103-114.
- Garcia-Ayala, A., Garcia-Hernandez, M.P., Quesada, J.A. and Agulleiro, B., 1998. Gonadotropic and thyrotropic cells from the Mediterranean Yellowtail (*Seriola dumerilii*; Risso, 1810): Immunocytochemical and ultrastructural Characterization. *The Anatomical Record*, 250: 448-458.
- Garcia-Gomez, A., 2001. Recent advances in nutritional aspects of *Seriola dumerili*. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 47: 249-257.
- Garibaldi, L., 1996. List of animal species used in aquaculture. FAO Fisheries Circular No. 914, Rome. www.fao.org/docrep/w2333e/w2333e00.htm (06/09/2007).
- Gavaia P.J., Dinis M.T. and Cancela M.L., 2002. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture*, 211: 305-323.
- Georgakopoulou, E., Sfakianakis, D.G., Kouttouki, S., Divanach, P., Kentouri, M. and Koumoundouros, G., 2007a. The influence of temperature during early life on phenotypic expression at later ontogenetic stages in sea bass. *Journal of Fish Biology*, 70: 278-291.
- Georgakopoulou, E., Angelopoulou, A., Kaspiris, P., Divanach, P. and Koumoundouros, G., 2007b. Temperature effects on cranial deformities in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 23: 99-103.
- Gibson, S. and Johnston, I.A., 1995. Temperature and development in larvae of the turbot *Scophthalmus maximus*, *Marine Biology*, 124: 17-25.
- Gisbert, E., 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *Journal of Fish Biology*, 54: 852-862.

- Gjerde, B., Pante, Ma.J.R. and Baeverfjord, G., 2005. Genetic variation for a vertebral deformity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 244: 77-87.
- Gluckmann I, Huriaux F, Focant B, Vandewalle P (1999) Postembryonic development of the cephalic skeleton in *Dicentrarchus labrax* (Pisces, Perciformes, Serranidae). *Bulletin of Marine Science*, 65: 11-36.
- Gould, S.J., 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, 41: 587-640.
- Grau, A. and Crespo, S., 1991. Epitheliocystis in the wild and cultured amberjack, *Seriola dumerili* Risso: ultrastructural observations. *Aquaculture*, 95: 1-6.
- Grau, A., 1992. Aspectos histológicos, ciclo reproductor y principales procesos patológicos de *Seriola dumerilii*, Risso 1810 (Carangidae). PhD Thesis, Facultat de Veterinaria, Universitat Autònoma, Barcelona.
- Grau, A., Crespo, S., Sarasquete, M.C. and González de Canales, M.L., 1992. The digestive tract of the amberjack *Seriola dumerili*, Risso: A light and scanning electron microscope study. *Journal of Fish Biology*, 41: 287-303.
- Grau, A., Crespo, S., Riera, F., Pou, S. and Sarasquete, Ma C., 1996. Oogenesis in the amberjack *Seriola dumerili* Risso, 1810. An histological, histochemical and ultrastructural study of oocyte development. *Scientia Marina*, 60: 391-406.
- Grau, A., Riera, F. and Carbonell, E., 1999. Some protozoan and metazoan parasites of the amberjack from the Balearic Sea (western Mediterranean). *Aquaculture International*, 7: 307-317.
- Grotmol S., Kryvi H., Nordvik K. and Totland G.K., 2003. Notochord segmentation may lay down the pathway for the development of the vertebral bodies in the Atlantic salmon. *Anatomy and Embryology*, 207: 263-272.
- Haga Y., Takeuchi T. and Seikai T., 2002. Influence of all-trans retinoic acid on pigmentation and skeletal formation in larval Japanese flounder. *Fisheries Science*, 68: 560-570.
- Hall B.K. and Miyake T., 2000. All for one and one for all: Condensations and the initiation of skeletal development. *BioEssays*, 22: 138-147.
- Hall, T.E. and Johnston, I.A., 2003. Temperature and developmental plasticity during embryogenesis in the Atlantic cod *Gadus morhua* L.. *Marine Biology*, 142: 833-840.
- Harris, P.J., 2004. Analytical Report - Age, growth, and reproduction of greater amberjack, *Seriola dumerili*, in the southwestern north Atlantic. *Marine*

- Resources Monitoring, Assessment, and Prediction (MARMAP) Program. December 2004. 35p.
- Hickling, C. F., 1963. The cultivation of tilapia. *Scientific American*, 208: 143-153.
- Hilton, E.J. and Johnson, G.D., 2007. When two equals three: developmental osteology and homology of the caudal skeleton in carangid fishes (Perciformes: Carangidae). *Evolution and Development*, 9: 178-189.
- Hollister, G., 1941. Caudal skeleton of Bermuda shallow water fishes. V. Order Percomorphi: Carangidae. *Zoologica*, 26: 31-45.
- Houde, E.D. and Potthoff, T., 1976. Egg and larval development of the sea bream *Archosargus rhomboidalis* (Linnaeus): Pisces, Sparidae. *Bulletin of Marine Science*, 26: 506-529.
- Imsland, A.K., Foss, A., Koedijk, R., Folkvord, A., Stefansson, S.O. and Jonassen, T.M., 2006. Short- and long-term differences in growth, feed conversion efficiency and deformities in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) started on rotifers or zooplankton. *Aquaculture Research*, 37: 1015-1027.
- Ioka, C., Kani, K. and Nhhala, H., 2000. Present status and prospects of technical development of tuna sea farming. In: Basurco, B., (Ed.), *Cahiers Options Mediterraneennes: Recent advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Species Diversification Vol 47*. C.I.H.E.A.M., Zaragoza, Spain, pp. 275-286.
- Jebali, J., Banni, M., Guerbej, H., Almeida, E.A., Bannaoui, A. and Boussetta, H., 2006. Effects of malathion and cadmium on acetylcholinesterase activity and metallothionein levels in the fish *Seriola dumerilli*. *Fish Physiol Biochem*, 32: 93-98.
- Jerez, S., Samper, M., Santamaria, F.J., Villamandos, J.E., Cejas, J.R. and Felipe, B.C., 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture*, 252: 199-277.
- Johnson, G.D., 1984. Percoidei: development and relationships. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW, Richardson SL (eds) *Ontogeny and Systematics of Fishes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication no 1, Allen Press Inc, Lawrence USA, 464-498.
- Johnson, G.D., 1992. Monophyly of the euteleostean clades - neoteleostei, eurypterygii, and ctenosquamata. *Copeia*: 8-25.

- Johnston, I.A., Vieira, V.L.A. and Temple, G.K., 2001. Functional consequences and population differences in the developmental plasticity of muscle to temperature in Atlantic herring *Clupea harengus*. Marine Ecology Progress Series, 213: 285-300.
- Johnson, G.D. and Britz, R., 2004. Leis' conundrum: Homology of the clavus of the ocean sunfishes. 2. Ontogeny of the median fins and axial skeleton of *Ranzania laevis* (Teleostei, Tetraodontiformes, Molidae). Journal of Morphology, 266: 11-21.
- Jover, M., Garcia-Gomez, A., Tomas, A., de la Gandara, F. and Perez, L., 1999. Growth of the Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. Aquaculture, 179: 25-33.
- Kanazawa, A., Teshima, S., Koshio, S., Higashi, M. and Itoh, S. 1992. Effect of L-ascorbyl-2-phosphate-Mg on the yellowtail *Seriola quinqueradiata* as a vitamin C source. Nippon Suisan Gakkishi, 58: 337-341.
- Kawabe, K., Kato, K., Kimura, J., Okamura, Y., Ando, K., Saito, M. and Yoshida, K., 1996. Rearing of broodstock fish and egg-taking from amberjack *Seriola dumerili* in Chichi-jima, Ogasawara Islands, southern Japan. Aquaculture Science, 44: 151-157.
- Kelley, S., 1995. Pigmentation, squamation and the osteological development of larval and juvenile grey angelfish, *Pomacanthus arcuatus*, (Pomacanthidae: Pisces). Bulletin of Marine Science, 56: 826-848.
- Kendall, A.W., Ahlstrom, E.H. and Moser, H.G., 1984. Early life history stages of fishes and their characters. In: Moser, H.G., Richards, W.J., Cohen, D.M., Fahay, M.P., Kendall, A.W., Richardson, S.L. (eds.), Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication no 1, Allen Press Inc, Laurence USA, pp. 11-22.
- Kentouri, M., 1985. Comportement larvaire de 4 Sparidés méditerranéens en élevage: *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Lithognathus mormyrus*, *Puntazzo puntazzo* (Poissons téléostéens). Thèse de doctorat des Sciences. Université de Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier. 492 p.
- Kentouri, M., Papandroulakis, N. and Divanach, P., 1995. Species diversification in Greek finfish mariculture. In: Valls, M., and Akrou, H., (Eds), Cahiers Options Méditerranéennes, Vol 14. Aquaculture Production Economics, CIHEAM, Zaragoza, Spain, 129-136.

- Kihara, M., Ogata, S., Kawano, N., Kubota, I. and Yamaguchi, R., 2002. Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. *Aquaculture*, 212: 149-158.
- Kikuchi, W.K., 1976. Prehistoric hawaian fish ponds. *Science*, 193: 296-299.
- Kinsey, S.T., Orsoy, T., Bert, T.M. and Mahmoudi, B., 1994. Population structure of the Spanish sardine *Sardinella aurita*: natural morphological variation in a genetically homogeneous population. *Marine Biology*, 118: 309-317.
- Kohno, H., Taki, Y., Ogasawara, Y., Shirojo, Y., Taketomi, M. and Inoue, M., 1983. Development of swimming and feeding functions in larval *Pagrus major*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 30: 47-60.
- Kohno, H., 1997. Osteological development of the caudal skeleton in the carangid, *Seriola lalandi*. *Ichthyological Research*, 44: 219-221.
- Koumoundouros, G., Kiriakos, Z., Divanach, P. and Kentouri, M., 1994. Morphometric relationships as criteria for the evaluation of culture conditions of gilthead seabream (*Sparus aurata*) at the larval stage. In: Measures for success - Metrology and Instrumentation in Aquaculture management. Bordeaux Aquaculture 1994 Int. Conference, Bordeaux, France, March 23-25, 1994. Kestemont P., Muir J., Sévila F., Williot P. (Eds.). CEMAGREF, pp. 199-205.
- Koumoundouros, G., Kiriakos, Z., Divanach, P. and Kentouri M., 1995. Morphometric relationships as criteria for the evaluation of larval quality of gilthead sea bream. *Aquaculture International*, 3: 143-149.
- Koumoundouros, G., Gagliardi, F., Divanach, P., Boglione, C., Cataudella, S. and Kentouri, M., 1997a. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. *Aquaculture*, 149: 215-226.
- Koumoundouros, G., Oran, C., Divanach, P., Stefanakis, S. and Kentouri, M., 1997b. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture*, 156: 165-177.
- Koumoundouros, G., Divanach, P. and Kentouri, M., 1999a. Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae) in rearing conditions. *Marine Biology*, 135: 561-572.

- Koumoundouros, G., Divanach, P. and Kentouri, M., 1999b. Osteological development of the vertebral column and of the caudal complex in *Dentex dentex*. *Journal of Fish Biology*, 54: 424-436.
- Koumoundouros, G., Divanach, P., Savaki, A. and Kentouri, M., 2000. Effects of three preservation methods on the evolution of swimbladder radiographic appearance in sea bass and sea bream juveniles. *Aquaculture*, 182: 17-25.
- Koumoundouros, G., Divanach, P., Anezaki, L. and Kentouri, M., 2001a. Temperature-induced ontogenetic plasticity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Marine Biology*, 139: 817-830.
- Koumoundouros, G., Divanach, P. and Kentouri, M., 2001b. The effect of rearing conditions on development of saddleback syndrome and caudal fin deformities in *Dentex dentex* (L.). *Aquaculture*, 200: 285-304.
- Koumoundouros, G., Divanach, P. and Kentouri, M., 2001c. Osteological development of *Dentex dentex* (Osteichthyes, Sparidae): dorsal, anal, paired fins and squamation. *Marine Biology*, 138: 399-406.
- Koumoundouros, G., Sfakianakis, D.G., Maingot, E., Divanach, P. and Kentouri, M., 2001d. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei: Perciformes: Sparidae). *Marine Biology*, 139: 853-862.
- Koumoundouros, G., Sfakianakis, D.G., Divanach, P. and Kentouri, M., 2002. Effect of temperature on swimming performance of sea bass juveniles. *Journal of Fish Biology*, 60: 923-932.
- Koumoundouros, G., Carrillo, J., Divanach, P. and Kentouri, M., 2004. The rearing of common dentex *Dentex dentex* (L.) during the hatchery and on-growing phases. *Aquaculture*, 240: 165-173.
- Koumoundouros, G., Kouttouki, S., Georgakopoulou, E., Papadakis, I., Maingot, E., Kaspiris, P., Kiriakou, Y., Georgiou, G., Divanach, P., Kentouri, M. and Mylonas, C.C., 2005. Ontogeny of the shi drum *Umbrina cirrosa* (Linnaeus 1758), a candidate new species for aquaculture. *Aquaculture Research*, 36: 1265-1272.
- Kouttouki, S., Georgakopoulou, E., Kaspiris, P., Divanach, P. and Koumoundouros, G., 2006. Shape ontogeny and variation in the sharpsnout seabream, *Diplodus puntazzo* (Cetti 1777). *Aquaculture Research*, 37: 655-663.

- Kozul, V., Skaramuca, B., Glamuzina, B., Clavic, N. and Tutman, P., 2001a. Comparative gonadogenesis and hormonal induction of spawning of cultured and wild mediterranean amberjack (*Seriola dumerili*, Risso 1810). *Scientia Marina*, 65: 215-220.
- Kozul, V., Skaramuca, B., Kraljevic, Dulcic and Glamuzina, B., 2001b. Age, growth and mortality of the Mediterranean amberjack *Seriola dumerili* (Risso 1810) from the south-eastern Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 17: 134-141.
- Lacroix, D., 1995. La production aquacole dans les pays méditerranéens: synthèse 1992-1994. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 14: 29-52.
- Lall, S.P. and Lewis-McCrea, L.M., 2007. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - An overview. *Aquaculture*, 267: 3-19.
- Lalli, C.M., 1990. Enclosed experimental marine ecosystems: a review and recommendations. *Coastal and Marine Studies*, Springer-Verlag. 218 pp.
- Langille, R.M. and Hall, B.K., 1987. Development of head skeleton of the Japanese medaka, *Oryzias latipes* (Teleostei). *Journal of Morphology*, 193: 135-158.
- Lauder, G. and Liem, K.F., 1983. The evolution and interrelationships of the Actinopterygian fishes. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, Harvard University, 150: 95-197.
- Lazzari, A. and Barbera, G., 1988. First data on the fishing of yellowtail (*Seriola dumerili*) spawners in the Mediterranean basin. *Journal of Aquatic Products*, 2: 133-142.
- Lazzari, A. and Barbera, G., 1989a. Prime osservazione sulla pesca di riproduttori di ricciola, *Seriola dumerilii*, nelle isole pelagie. *Oebalia*, Vol. XV - 2 NS: 645-652.
- Lazzari, A. and Barbera, G., 1989b. Farming the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerilii* (Risso, 1810) in concrete ponds: results and perspectives. In: *Aquaculture, a biotechnology in progress*. de Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H. and Wilkins, N. (eds). European Aquaculture Society. Bredene, Belgium. pp. 209-213.
- Lazzari, A., 1991. Some notes to the aquaculture to the aquaculture development of the new Mediterranean species: the yellowtail (*Seriola dumerilii*). Case and strategy to come. In: *Aquaculture and the Environment*. European Aquaculture Society Special Publication, No. 14: 183-184.

- Lazzari, A., Fusari, A., Boglione, A., Marino, G. and Di Francesco, M., 2000. Recent advances in reproductional and rearing aspects of *Seriola dumerilii*. In: Basurco, B. (Ed.), Cahiers Options Méditerranéennes. Mediterranean Marine Aquaculture Finfish Species Diversification, vol. 47. CIHEAM, Zaragoza, Spain, pp. 241-247.
- Le François, N.R., Lemieux, H. and Blier, P.U., 2002. Biological and technical evaluation of the potential of marine and anadromous fish species for cold water mariculture. *Aquaculture Research*, 33: 95-108.
- Leary, R.F., Allendorf, F.W. and Knudsen, K.L., 1985. Developmental stability and high meristic counts in interspecific hybrids of salmonid fishes. *Evolution*, 39: 1318-1326.
- Lee, C.S., 2003. Biotechnological advances in finfish hatchery production: a review. *Aquaculture*, 227: 439-458.
- Lee, C.G., Farrell, A.P., Lotto, A., MacNutt, M.J., Hinch, S.G. and Healey, M.C., 2003. The effect of temperature on swimming performance and oxygen consumption in adult sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*O. kisutch*) salmon stocks. *Journal of Experimental Biology*, 206: 3239-3251.
- Lein, I., Holmefjord, I. and Rye, M., 1997. Effects of temperature on yolk sac larvae of atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 157: 123-135.
- Leis, J.M., Rennis, D.S., 1983. The larvae of Indo-Pacific coral reef fishes. Honolulu, Sydney: New South Wales Univ. Press, Sydney, Australia and University of Hawaii Press, 371p.
- Lensi, P., 1995. La politique de diversification de l'aquaculture en Corse. La démarche "nouvelles espèces". In: *Aquaculture production economics. Cahiers Options Méditerranéennes*, 14: 137-148.
- Lewis, L.M. and Lall, S.P., 2006. Development of the axial skeleton and skeletal abnormalities of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from first feeding through metamorphosis. *Aquaculture*, 257: 124-135.
- Limin, L., Feng, X. and Jing, H., 2006. Amino acids composition difference and nutritive evaluation of the muscle of five species of marine fish, *Pseudosciaena crocea* (large yellow croaker), *Lateolabrax japonicus* (common sea perch), *Pagrosomus major* (red seabream), *Seriola dumerili*

- (Dumeril's amberjack) and *Hapalogenys nitens* (black grunt) from Xiamen Bay of China. *Aquaculture Nutrition*, 12: 53-59.
- Liu, C.-H., 2001. Early osteological development of the yellow tail *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae). *Zoological studies*, 40: 289-298.
- Ma, X., Bangxi, X., Yindong, W., and Mingxue, W., 2003. Intentionally introduced and transferred fishes in China's inland waters. *Asian Fisheries Science*, 16: 279-290.
- MacNutt, M.J., Hinch, S.G., Farrell, A.P. and Topp, S., 2004. The effect of temperature and acclimation period on repeat swimming performance in cutthroat trout. *Journal of Fish Biology*, 65: 342-353.
- Madsen, L. and Dalsgaard, I., 1999. Vertebral column deformities in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 171: 41-48.
- Mandich, A., Massari, A., Bottero, S., Pizzicori, P., Goos, H. and Marino, G., 2004. Plasma sex steroid and vitellogenin profiles during gonad development in wild Mediterranean amberjack (*Seriola dumerili*). *Marine Biology*, 144: 127-138.
- Manganaro, A., Barbera, G., Cammaroto, S. and Greco, S., 1993. Campagna di cattura di *Seriola dumerili* e tentativi di riproduzione artificiale. *Biol. Mar. Suppl. Not. Ital. Mar. Biol. Soc.*, 1: 245-249.
- Manooch, C. S., III, and Potts, J. C., 1997a. Age, growth and mortality of greater amberjack from the southeastern United States. *Fish. Res.*, 30: 229-240.
- Manooch, C. S., III, and Potts, J. C., 1997b. Age, growth, and mortality of greater amberjack, *Seriola dumerili*, from the U.S. Gulf of Mexico headboat fishery. *Bulletin of Marine Science*, 61: 671-683.
- Maricchiolo, G., Genovese, L., Laura, R., Micale, V. and Muglia, U., 2002. The ultrastructure of amberjack (*Seriola dumerili*) sperm. *European Journal of Morphology*, 40: 289-292.
- Marine Resources Research Institute South Carolina Department of Natural Resources (MRRI), 2004. Age, growth, and reproduction of greater amberjack, *Seriola dumerili*, in the southwestern north Atlantic. December 2004. 35pp.
- Marino, G., Bognione, C., Bertolini, B., Rossi, A., Ferreri, F. and Cataudella, S., 1993. Observations on development and anomalies in the appendicular skeleton of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L 1758, larvae and juveniles. *Aquacult. Fish Manage.*, 24: 445-456.

- Marino, G., Mandich, A., Massari, A., Andaloro, F. and Porrello, S., 1995a. Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (*Seriola dumerilii* Risso, 1810): gonadal development. In: Basurco, B. (Ed.), Cahiers Options Mediterraneennes, Marine Aquaculture Finfish Species Diversification, vol. 16. CIHEAM, Zaragoza, Spain, pp. 115-124.
- Marino, G., Mandich, A., Massari, A., Andaloro, F., Porrello, S., Finoia, M.G., Cevasco, F., 1995b. Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (*Seriola dumerilii* Risso) during spawning period. Journal of Applied Ichthyology, 11: 9-24.
- Massuti, E., Morales-Nin, and Deudero, S., 1999. Fish fauna associating objects sampled by experimental and commercial purse nets. Scientia Marina, 63: 219-227.
- Masuma, S., Kanematu, M. and Teruya, K., 1990. Embryonic and morphological development of larvae and juveniles of the amberjack, *Seriola dumerilii*. Japanese Journal of Ichthyology, 37: 164-169. (in Japanese with a summary in english)
- Matallanas, J., Casadevall, M., Carrasson, M., Boix, J. and Fernandez, V., 1995. The food of *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae) in the Catalan sea (Western Mediterranean). The Marine Biological Association of the UK, 75: 257-260.
- Matsuoka, M., 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. Bull Seikai Reg Fish Res Lab, 65: 1-114.
- Matsuoka, M., 1997. Osteological development in the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*. Ichthyological Research, 44: 275-295.
- Mazzola, A., Favalaro, E. and Sara, G., 2000. Cultivation of the Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso, 1810), in submerged cages in the Western Mediterranean Sea. Aquaculture, 181: 257-268.
- McConnell, E. and Barrows, F. 1993. Pathological changes associated with vitamin C deficiency in walleyes. Journal of Aquatic Animal Health, 5: 287-293.
- McGovern, J.C., Sedberry, G.R., Scott Meister, H. and Mark Westendorff, T., 2002. Data Report A Tag and Recapture study of greater amberjack, *Seriola dumerili*, from the Southeastern United States. Marine Resources Monitoring, Assessment, and Prediction (MARMAP) Program contract (No. 50WCNF606013). 20p.

- Micale, U., Genovese, L., Greco, S. and Perdichizzi, F., 1993. Aspects of the reproductive biology of the amberjack, *Seriola dumerilii* (Risso, 1810). In: From Discovery to Commercialization. European Aquaculture Society Special Publication No. 19: 413.
- Micale, V., Maricchiolo, G. and Genovese, L., 1999. The reproductive biology of the amberjack, *Seriola dumerilii* (Risso, 1810): I. Oocyte development in captivity. *Aquaculture Research*, 30: 349-355.
- Miquelarena, A., Ortubay, S. and Cussac, V., 2005. Morphology, osteology and reductions in the ontogeny of the scaleless characid *Gymnocharacinus bergi*. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 511-519.
- Monfort, M.-C., 2007. Marketing of aquacultured seabass and seabream from the Mediterranean basin. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 82. Rome, FAO. 50 p.
- Monod, T., 1968. Le complexe urophore des poissons téléostéens. Mem. Inst. Fondamental d'Afrique Noire, 81pp.
- Montero, F.E., Crespo, S., Padros, F., de la Gandara, F., Garcia, A. and Antonio Raga, J., 2004. Effects of the gill parasite *Zeuxapta seriolae* (Monogenea: Heteraxinidae) on the amberjack *Seriola dumerili* Risso (Teleostei: Carangidae). *Aquaculture*, 232: 153-163.
- Mook, D., 1977. Larval and osteological development of the sheephead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae). *Copeia*: 126-133.
- Muir, J.F. and Young, J.A., 1998. Strategic issues in new species development for aquaculture. In: Proc. XXXIII Int. Symp. on new species for Mediterranean aquaculture. Enne, G. and Greppi, G.F. (eds), Alghero (Italy), 22-24 April 1998. Elsevier, Paris, pp. 85-96.
- Muraccioli, P., de La Gandara, F. and Garcia-Gomez, A., 2000. Intensive farming potential of *Seriola dumerilii* (Risso 1810) in Corsica. In: Basurco, B. (Ed.) Cahiers Options Mediterraneennes Vol 47: Recent advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Species Diversification. C.I.H.E.A.M., Zaragoza, Spain, pp. 267-273.
- Murray, C.B. and Beachman, T., 1989. Responses of meristic characters in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to temperature changes during development. *Can. J. Zool.*, 67: 596-600.

- Mylonas, C.C., Georgiou, G., Stephanou, D., Atact, T. and Afonso, A., 2000. Preliminary data on the reproductive biology and hatchery production of the shi drum (*Umbrina cirrosa*) in Cyprus. *Cahiers Options Méditerranéennes. Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. Volume 47*: pp 303.
- Mylonas, C.C., Papandroulakis, N., Smboukis, A., Papadaki, M. and Divanach, P., 2004. Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRHa implants. *Aquaculture*, 237: 141-154.
- Nagano, N., Hozawa, A., Fujiki, W., Yamada, T., Miyaki, K., Sakakura, Y. and Hagiwara, A., 2007. Skeletal development and deformities in cultured larval and juvenile seven-band grouper, *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg). *Aquaculture Research*, 38: 121-130.
- Nakada, M., 2000. Yellowtail and related species culture. In: Stickney, R.R. (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*. Wiley, London, pp. 1007-1036.
- Nakada, M., 2002. Yellowtail culture development and solutions for the future. *Fisheries Science*, 10: 559-575.
- Neira, F.J., 1989. Larval development of the Australian devilfish, *Gymnapistes marmoratus* (Teleostei: Scorpaenidae). *Fishery Bulletin US*, 87: 889-898.
- O'Reilly, K.M and Horn, M.H., 2004. Phenotypic variation among populations of *Atherinops affinis* (Atherinopsidae) with insights from a geometric morphometric analysis. *Journal of Fish Biology*, 64: 1117-1135.
- Osse, J.W.M. and van den Boogaart, J.G.M., 1995. Fish larvae, development, allometric growth and the aquatic environment. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 201: 21-34.
- Owada, K., Kawata, M., Akaji, K., Takagi, A., Moriga, M. and Kobayashi, H., 1985. Urotensin II-immunoreactive neurons in the caudal neurosecretory system of freshwater and seawater fish. *Cell and Tissue Research*, 239: 349-354.
- Pakkasmaa, S. and Piironen, J., 2001. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. *Biological Journal of the Linnean Society*, 72: 231-239.
- Papadakis, I.E., Chatzifotis, S., Divanach, P. and Kentouri, M., 2007. Weaning of greater amberjack (*Seriola dumerilii* Risso 1810) juveniles from moist to dry pellet. *Aquaculture International*, in press.

- Papageorgiou, P.A., 2000. Marketing development for new Mediterranean aquaculture species: Enterprise strategies. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 47: 11-24.
- Papandroulakis, N., Kentouri, M., Stefanakis, S., Papadakis, I., Maingot, E., Sfakaki, E. and Divanach, P., 2003. Rearing of three Mediterranean species (*Pagellus erythrinus*, *Sciaena umbra*, *Epinephelus marginatus*) with the Mesocosm technology. Proceedings of the 7th Panhellenic Conference of Oceanography and Fisheries. Hersonis (Greece) 6-9 May 2003, pp. 340-341 (Abstract).
- Papandroulakis, N., Kentouri, M., Maingot, E. and Divanach, P., 2004. Mesocosm. A reliable technology for larval rearing. Application *Diplodus puntazzo* and *Diplodus sargus sargus*. *Aquaculture International*, NS-4: 1-11.
- Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E. and Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture*, 250: 151-161.
- Paquotte, P. and Guillard, V., 1996. The seafood markets in the Northern Mediterranean countries. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 17: 33-43.
- Pastor, E., Grau, A., Riera, F., Pou, S., Massuti, E. and Grau, A.M., 2000. Experiences in the culture of new species in the “Estacion de Acuicultura” of the Balearic Government (1980-1998). In: Basurco, B. (Ed.), *Cahiers Options Méditerranéennes, Mediterranean Marine Aquaculture Fish Species Diversification*, vol. 47. CIHEAM, Zaragoza, Spain, pp. 371-379.
- Patterson, C., 1968. The caudal skeleton in Lower Liassic pholidophorid fishes. *Bull. British Mus. (Natural History), Geology*, 16: 201-239.
- Pavlov, D.A. and Moksness, E., 1996. Sensitive stages during embryonic development of wolffish, *Anarhichas lupus* L. determining the final numbers of rays in unpaired fins and skeletal abnormalities. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 731-740.
- Pavlov, D.A. and Mokness, E., 1997. Development of the axial skeleton in wolffish, *Anarchichas lupus* (Pisces, Anarchichadidae), at different temperatures. *Environmental Biology of Fishes*, 49: 401-416.
- Perrotta, R.G., Aubone, A. and Sanchez, F., 1990. Estudio comparado de los caracteres morfométricos y merísticos de la caballa (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) (Teleostei: Scombridae) del sur de Brasil y del area marplatense (Mar Argentino). *Science Marine*, 54: 47-53.

- Pipitone, C. and Andaloro, F., 1995. Food and feeding habits of juvenile greater amberjack, *Seriola dumerili* (Osteichthyes, Carangidae) in inshore waters of the central Mediterranean Sea. *Cybium*, 19: 305-310.
- Planas, M. and Cunha, I., 1999. Larviculture of marine fish: problems and perspectives. *Aquaculture*, 177: 171-190.
- Pollo, A., Yufera, M. and Pascual, E., 1991. Effects of temperature on egg and larval development of *Sparus aurata* L.. *Aquaculture*, 92: 367-375.
- Porrello, S., Andaloro, F., Vivona, P. and Marino, G., 1993. Rearing trial of *Seriola dumerilii* in a floating cage, Special Publication No. 18. In: Barnabe, G., Kestemont, P. (Eds.), *Production, Environment and Quality*. European Aquaculture Society, Belgium, pp. 299-307.
- Potthoff, T., 1975. Development and structure of the caudal complex, the vertebral column, and the pterygiophores in the blackfin tuna (*Thunnus atlanticus*, Pisces, Scombridae). *Bulletin of Marine Science*, 25: 205-231.
- Potthoff, T., 1980. Development and structure of fins and fin supports in dolphin fishes *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis* (Coryphaenidae). *Fishery Bulletin US*, 78: 277-312.
- Potthoff, T. and Kelley, S., 1982. Development of the vertebral column, fins and fin supports, branchiostegal rays and squamation in the swordfish, *Xiphias gladius*. *Fishery Bulletin US*, 80: 161-186.
- Potthoff, T., Kelley, S., Moe, M. and Young, F., 1984. Description of porkfish larvae (*Anisotremus virginicus*, Haemulidae) and their osteological development. *Bulletin of Marine Science*, 34: 21-59.
- Potthoff, T., Kelley, S. and Javech, J.C., 1986. Cartilage and bone development in scombrid fishes. *Fishery Bulletin*, 84: 647-678.
- Potthoff, T., Kelley, S., Saksena, V., Moe, M. and Young, F., 1987. Description of larval and juvenile yellowtail damselfish, *Microspathodon chrysurus*, Pomacentridae, and their osteological development. *Bulletin of Marine Science*, 40: 330-375.
- Potthoff, T., Kelley, S. and Collins, L.A., 1988. Osteological development of the red snapper, *Lutjanus campechanus* (Lutjanidae). *Bulletin of Marine Science*, 43: 1-40.

- Potthoff, T. and Tellock, J., 1993. Osteological development of the snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei, Centropomidae). *Bulletin of Marine Science*, 52: 669-716.
- Quemener, L., Suquet, M., Mero, D. and Gaignon, J.L., 2002. Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of French Atlantic, the Channel and the North Sea coast. *Aquatic Living Resources*, 15: 293-302.
- Rabanal, H. R., 1988. History of aquaculture. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small-Scale Coastal Fisheries Development Project, Manila, Philippines, 1988. 13p.
- Renshaw, M.A, Patton, J.C., Rexroad, III C.E. and Gold, J.R., 2007. Technical note - Isolation and characterization of dinucleotide microsatellites in greater amberjack, *Seriola dumerili*. *Conservation Genetics*, 8: 1009-1011.
- Richards, W.J., Miller, R.V. and Houde, E., 1974. Egg and larval development of Atlantic thread herring, *Opisthonema oglinum*. *Fishery Bulletin US*, 72: 1123-1136.
- Riera, F., Grau, A., Grau, A.M., Pastor, E., Quetglas, A. and Pou, S., 1999. Ichthyofauna associated with drifting floating objects in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 63: 229-235.
- Rocaranti, A., Meluzzi, A., Melloti, P. and Mordenti, O., 2001. Short communication - Influence of the larval rearing technique on morphological and productive traits of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 17: 244-246.
- Rosenthal, H. and Alderdice, D.F., 1976. Sublethal effects of environmental stressors, natural and pollutional, on marine fish eggs and larvae. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33: 2047-2065.
- Sanderson, S.L., Chesnutt, C.R. and Lobel, P.S., 1996. Evidence for ram suspension feeding by the piscivore, *Seriola dumerili* (Carangidae). *Environmental Biology of Fishes*, 46: 365-373.
- Sato, M., Kondo, I., Yoshinaka, R. and Ikeda, S., 1983. Effects of water temperature on the skeletal deformity in ascorbic acid-deficient rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Nissuishi)*, 49: 443-446.
- Sawada, Y., Hattori, M., Iteya, M., Takagi, Y., Ura, K., Seoka, M., Kato, K., Kurata, M., Mitatake, H., Katayama, S. and Kumai, H., 2006. Induction of centrum defects in amberjack *Seriola dumerili* by exposure of embryos to hypoxin. *Fisheries Science*, 72: 364-372.

- Schirripa, M.J. and Burns, K.M., 1997. Growth estimates for three species of reef fish in the eastern gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 61: 581-591.
- Sea Web Aquaculture Resources, 2007. Timeline of U.S. and World Aquaculture. http://seaweb.org/resources/aquaculturecenter/documents/General_Timeline.pdf (01/07/2007).
- Sfakianakis, D.G., Doxa, C. K., Kouttouki, S., Koumoundouros, G., Maingot, E., Divanach, P. and Kentouri, M., 2005. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Aquaculture*, 250: 36-46.
- Sfakianakis, D.G., Koumoundouros, G., Divanach, P. and Kentouri, M., 2004. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrinus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morphoanatomical abnormalities. *Aquaculture*, 232: 407-424.
- Shields, R.J., 2001. Larviculture of marine finfish in Europe. *Aquaculture*, 200: 55-88.
- Silva, A., 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1352-1360.
- Sindermann, C.J., 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. 2nd ed. *Diseases of Marine Fish*, vol. 1., Academic Press, San Diego, p. 201-214.
- Sinopoli, M., D'anna, G., Badalamenti, F. and Andaloro, F., 2007. FADs influence on settlement and dispersal of the young-of-the-year greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Marine Biology*, 150: 985-991.
- Skaramuca, B., Kozul, V., Bolotin, J. and Dulcic, J., 1998. Some observations on the growth of juvenile amberjack (*Seriola dumerili*, Risso, 1810) in cage rearing from the Adriatic sea. *Acta Adriatica*, 39: 71-80.
- Skaramuca, B., Kozul, V., Katavic, I., Glavic, N., Tutman, P., Grubisic, L. and Glamuzina, B., 2000. Recent advances on the diversification of marine finfish species in Croatia. In: Basurco, B. (Ed.), *Cahiers Options Méditerranéennes*, 47: 359-363.
- Skaramuca, K., Duleic, K. and Glamuzina, 2001a. Age, growth and mortality of the Mediterranean amberjack *Seriola dumerili* (Risso 1810) from the south-eastern Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 17: 134-141.

- Skaramuca, K., Teskeredzic, B. and Onofri, 2001b. Growth rate of tank-reared Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso1810) fed on three different diets. *Journal of Applied Ichthyology*, 17: 130-133.
- Slooff, W., 1982. Skeletal anomalies in fish from polluted surface waters. *Aquatic Toxicology*, 2: 157-173.
- Smith-Vaniz, W.F., and Staiger, J.C., 1973. Comparative revision of Scomberoides, Oligoplites, Parona, and Hypacanthus with comments on the phylogenetic position of Campogramma (Pisces: Carangidae). *Proc. Cal. Acad. Sci.*, 39: 185-256.
- Smith-Vaniz, W.F., 1984. Carangidae: relationships. In H. G. Moser, W. J. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall Jr., and S. L. Richardson (eds.). *Ontogeny and Systematics of Fishes*. ASIH/Allen Press, Lawrence, pp. 522-530.
- Smith-Vaniz, W.F., 1986. Carangidae. In *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Vol. II. UNESCO. pp. 815-844.
- Sola, L., Capelli, O., Gornung, E., Rossi, A.R., Andaloro, F. and Corsetti, D., 2006. Cytogenetic characterization of the greater amberjack, *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae), by different staining techniques and fluorescence in situ hybridization. *Marine Biology*, 128: 573-577.
- Stephanis, J., 1996. Mediterranean aquaculture industry trends in production, markets and marketing. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 17: 93-102.
- Stickney, R.R., 2005. Aquaculture. In: *Encyclopedia of Coastal Science*. K.L. Schwartz (ed.). Springer Netherlands, 33-38.
- Suda, Y., 1996. Osteology and muscular attachments of the Japanese jack mackerel. *Trachurus japonicus*. *Bulletin of Marine Science*, 58: 438-493.
- Suquet, M., Quemener, L., Gaignon, J.L. and Divanach, P., 2002. Criteria for cost-effective diversification for European finfish mariculture. In: *Seafood market studies for the introduction of new aquaculture products*. Paquette P., Mariojous C., Young J. (Eds.). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 59: 119-128.
- Tachihara, K., Ebisu, R. and Tukashima, Y., 1993. Spawning, eggs, larvae and juveniles of the purplish amberjack (*Seriola dumerili*). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 1479-1488. (in Japanese with a summary in English).

- Tachihara, K., El-Zibdeh, M.K., Ishimatsu, A. and Tagawa, M., 1997. Improved seed production of goldstriped amberjack *Seriola lalandi* under hatchery conditions by injection of triiodothyronine (T3) to broodstock fish. *Journal of World Aquaculture Society*, 28: 34-44.
- Takakuwa, F., Fukada, H., Hosokawa, H. and Masumoto, T., 2006. Optimum digestible protein and energy levels and ratio for greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso) fingerling. *Aquaculture research*, 37: 1532-1539.
- Takeuchi, T., Dedi, J., Ebisawa, C., Watanabe, T., Seikai, T., Hosoya, K. and Nakazone, J.I., 1995. The effect of betacarotene and vitamin A enriched *Artemia nauplii* on the malformation and color abnormality of larval Japanese flounder. *Fisheries Science*, 61: 141-148.
- Taki, Y., Kohno, H. and Hara, S., 1986. Early development of fin-supports and fin-rays in the milkfish *Chanos chanos*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 32: 413-420.
- Talbot, C., Garcia-Gomez, A., de la Gandara, F. and Muraccioli, P., 2000. Food intake, growth, and body composition in Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*) fed isonitrogenous diets containing different lipid level? *Cahiers Options Mediterraneennes*, 47: 259-266.
- Thompson, B.A., Beasley, M. and Wilson, C.A., 1998. Age distribution and growth of greater amberjack *Seriola dumerili*, from the north-central Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 97: 362-371.
- Tiwary B.K. and Ray A.K., 2004. Alterations in air-sac and skeleton of triploid *Heteropneustes fossilis*. *Journal of Fish Biology*, 64: 268-272.
- Tomas, A., de la Gandara, F., Garcia-Gomez, A., Perez, L. and Jover, M., 2005. Utilization of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerili*. *Aquaculture Nutrition*, 11: 333-340.
- Tudela, S., 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. *Fisheries Research*, 42: 229-243.
- Turan, C., 2004. Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 774-781.

- Vagelli, A., 1999. The reproductive biology and early ontogeny of the mouthbrooding Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni* (Perciformes, Apogonidae). *Environmental Biology of Fishes*, 56: 79-92.
- van Snik, G.M.J., van den Boogaart, J.G.M., and Osse, J.W.M., 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. *Journal of Fish Biology*, 50: 1339-1353.
- Vandewalle, P., Focant, B., Huriaux, F. and Chardon, M., 1992. Early development of the cephalic skeleton of *Barbus barbus* (Teleostei, Cyprinidae). *Journal of Fish Biology*, 41: 43-62.
- Vandewalle, P., Gluckmann, I., Baras, E., Huriaux, F. and Focant, B., 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchus longifilis*. *Journal of Fish Biology*, 50: 227-253.
- Velez, J.A., Watson, W., Sandknop, E.M., Arntz, W. and Wolff, M., 2003. Larval and osteological development of the mote sculpin (*Normanichthys crockeri*) (Pisces: Normanichthyidae) from the Independencia Bight, Pisco, Peru. *Journal of Plankton Research*, 25: 279-290.
- von Herbing, H., 2002. Effects of temperature on larval fish swimming performance: the importance of physics to physiology. *Journal of Fish Biology*, 61: 865-876.
- Wagemans, F., Focant, B. and Vandewalle, P., 1998. Early development of the cephalic skeleton in the turbot. *Journal of Fish Biology*, 52: 166-204.
- Wagemans, F. and Vandewalle, P., 1999. Development of the cartilaginous skull in *Solea solea*: trends in Pleuronectiforms. *Annales des Sciences Naturelles*, 1: 39-52.
- Walsh, W.A., Swanson, C. and Lee, C.-S., 1991. Effects of development, temperature and salinity on metabolism in eggs and yolk-sac larvae of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). *Journal of Fish Biology*, 39: 115-125.
- Wang, L.-H. and Tsai, C.-L., 2000. Effects of temperature on the deformity and sex differentiation of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Experimental Zoology*, 286: 534-537.
- Wargelius A., Gunnar Fjellidal P. and Hansen T., 2005. Heat shock during early somitogenesis induces caudal vertebral column defects in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Development Genes and Evolution*, 215: 350-357.

- Watson, W., 1987. Larval development of the endemic Hawaiian blenniid, *Enchelyurus brunneolus* (Pisces: Blenniidae: Omobranchini). *Bulletin of Marine Science*, 41: 856-888.
- Watson, W. and Walker Jr., H.J., 1992. Larval development of the sargo (*Anisotremus davidsonii*) and selema (*Xenistius californiensis*) (Pisces: Haemulidae) from southern California bight. *Bulletin of Marine Science*, 51: 360-406.
- Wells, R.J.D. and Rooker, J.R., 2004. Distribution, age, growth of young-of-the-year greater amberjack (*Seriola dumerili*) associated with pelagic Sargassum. *Fisheries Bulletin*, 102: 545-554.
- Wery N., Foulon O., Blacker A., Picard J.J. and Gofflot F., 2005. Vertebral malformations induced by sodium salicylate correlate with shifts in expression domains of Hox genes. *Reproductive Toxicology*, 20: 39-45.
- Whittington, I.D., Corneillie, S., Talbot, C., Morgan, J.A.T. and Adlard, R.D., 2001. Infections of *Seriola quinqueradiata* Temminck & Schlegel and *S. dumerili* (Risso) in Japan by *Benedenia seriolae* (Monogenea) conformed by morphology and 28S. *Journal of Fish Diseases*, 24: 421-425.
- Wiegand, M.D., Hataley, J.M., Kitchen, C.L. and Buchanan, L.G., 1989. Induction of developmental abnormalities in larval goldfish, *Carassius auratus* L., under cool incubation conditions. *Journal of Fish Biology*, 35: 85-95.
- Wilkes, D., Xie, S.Q., Stickland, N.C., Alami-Durante, H., Kentouri, M., Steriotti, A., Koumoundouros, G., Fauconneau, B. and Goldspink, G., 2001. Temperature and myogenic factor transcript levels during early development determines muscle growth potential in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Experimental Biology*, 204: 2763-2771.
- Wilson, R.S., Kuchel, L.J., Franklin, C.E. and Davison, W., 2002. Turning up the heat on subzero fish: thermal dependence of sustained swimming in an Antarctic nototheniid. *Journal of Thermal Biology*, 27: 381-386.
- Wimberger, P.H., 1993. Effects of vitamin C on body shape and skull osteology in *Geophagus brasiliensis*: implications for interpretations of morphological plasticity. *Copeia*, 2: 343-351.
- Wimberger, P.H., 1992. Plasticity of fish body shape: the effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). *Biological Journal of Linnean Society*, 45: 197-218.

Young, J.A., 1996. The consumption of aquaculture products in non-Mediterranean Europe. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 17: 55-65.