ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Συγκριτική περιγραφή σε διαφορετικές θερμοκρασίες, της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος στο είδος *Amphiprion bicinctus*»

Δρακάκη Ευαγγελία

ΒΟΛΟΣ 2023

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

«Συγκριτική περιγραφή της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος του είδους

***Amphiprion bicinctus* σε διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής»**

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Τριμελής εξεταστική επιτροπή**:**

1) Παπαδάκης Ιωάννης, Ερευνητής Β, Οντογένεση και Συμπεριφορά ιχθύων, Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών Κρήτης, Επιβλέπων.

2) Παναγιωτάκη Παναγιώτα, Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

3) Μαλανδράκης Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής, Εκτροφή Υδρόβιων Οργανισμών, Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Μέλος.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Στους γονείς μου

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωσης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους στάθηκαν δίπλα μου και συνέβαλλαν άμεσα ή έμμεσα στην υλοποίηση της.

Θα ήθελα πρώτα απ' όλα να ευχαριστήσω τον Δρ. Ιωάννη Παπαδάκη για την άψογη συνεργασία, την πολύτιμη βοήθεια, τη συνεχή καθοδήγηση και τη διαρκή υποστήριξη, τόσο κατά τη διενέργεια του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της διατριβής μου. Παράλληλα, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Παναγιώτα Παναγιωτάκη για την καθοδήγηση, τις εποικοδομητικές συμβουλές, τη συνεχή στήριξη και την άμεση ανταπόκριση της στις απορίες και τους προβληματισμούς μου. Θα ήθελα ακόμα, να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή Μανώλη Μαλανδράκη για την ουσιαστική βοήθεια που προσέφερε αφιερώνοντας χρόνο στην ανάγνωση και στην αξιολόγηση της διατριβής μου.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά την Παναγιώτα Τσούκαλη για τη συμπαράσταση της και τη στήριξη της σε εργαστηριακό, συμβουλευτικό και προσωπικό επίπεδο. Ταυτόχρονα, θέλω να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη Δρ. Χρύσα Δόξα για την καθοριστική συμβολή της στην πειραματική διαδικασία, την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου μετέδωσε. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τη Δρ. Μαρία Μαστοράκη για την ανιδιοτελή βοήθεια και τις συμβουλές της και τον Θεόδωρο Δουλάμη για την ουσιαστική συμβολή του στη διαδικασία της εκτροφής.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους, όλους εκείνους που στάθηκαν δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της απαιτητικής περιόδου, αλλά κυρίως θα ήθελα να απευθύνω ένα ολόψυχο ευχαριστώ

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

στους γονείς μου γιατί με στηρίζουν και με ενθαρρύνουν αδιάκοπα και ακούραστα σε κάθε βήμα της ζωής μου.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετά την επίδραση δυο διαφορετικών θερμοκρασιακών τιμών (23ºC, 26ºC) κατά την εκτροφή του είδους *A. bicinctus,* στην ανάπτυξη, στο ρυθμό οντογένεσης του πεπτικού συστήματος και στην εναπόθεση του λίπους στο ήπαρ με στόχο τη βελτίωση των πρωτόκολλων εκτροφής.

Το διατροφικό πρωτόκολλο ήταν όμοιο και για τις δύο θερμοκρασίες εκτροφής και συμπεριελάμβανε τη χορήγηση Τροχόζωων του είδους *B. plicatillis* και ναύπλιων Artemia sp. Η οντογένεση του πεπτικού συστήματος και η εκτίμηση του λίπους στο ήπαρ μελετήθηκαν χρησιμοποιώντας ιστολογικές αναλύσεις.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, απεδείχθη ότι στην υψηλότερη θερμοκρασία εκτροφής, οι νύμφες εμφάνισαν μεγαλύτερη ανάπτυξη με τελικό μήκος (13.27±1.06mm) συγκριτικά με τους 23ºC (13.19mm). Από τη συγκριτική περιγραφή της οντογένεσης των κύριων οργάνων και δομών του πεπτικού συστήματος, προκύπτει ότι ο ρυθμός οντογένεσης είναι ταχύτερος στους 26ºC. Επίσης, οι εναποθέσεις λίπους στο ήπαρ, παρουσίασαν υψηλότερα ποσοστά στους 26ºC συγκριτικά με τους 23ºC. Ταυτόχρονα, αυξημένες εναποθέσεις λίπους παρατηρήθηκαν κατά την περίοδο που οι νύμφες ξεκίνησαν να καταναλώνουν Artemia και στις δύο θερμοκρασίες εκτροφής, συγκριτικά με την περίοδο που τρέφονταν αποκλειστικά με Τροχόζωα.

Συγκριτικά με αντίστοιχες μελέτες που αφορούν στα είδη *Amphiprionidae*, επιβεβαιώνεται ότι η καταλληλότερη θερμοκρασία εκτροφής για το είδος *A. bicinctus* είναι η τιμή των 26ºC. Παράλληλα, η παρούσα μελέτη αποδεικνύει πως η αξιολόγηση της περιεκτικότητας του ήπατος σε λίπος, αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βελτίωση των νυμφικών πρωτοκόλλων εκτροφής και την ενίσχυση της αποδοτικότητας

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

της παραγωγής. Τέλος, αποδεικνύεται πως το μελετώμενο είδος, αποτελεί έναν ταχέως αναπτυσσόμενο οργανισμό και καθίσταται πολλά υποσχόμενο για τον κλάδο της υδατοκαλλιέργειας των διακοσμητικών ειδών.

Λέξεις κλειδιά: Οντογένεση, ανάπτυξη νυμφών, ήπαρ, *A.bicinctus*

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1.1 Βιολογία του είδους *A. bicinctus* 1
1.2 Η αξιοποίηση των ψαριών κλόουν για επιστημονικούς σκοπούς. 2
1.3 Η βιομηχανία της υδατοκαλλιέργειας των διακοσμητικών ψαριών 3
1.4 Η θερμοκρασία 5
1.4.1 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην εκτροφή 5
1.4.2 Η κλιματική αλλαγή και οι αυξανόμενες θερμοκρασίες 6
1.5 Το πεπτικό σύστημα των τελεόστεων 7
1.5.1 Στοματική- φαρυγγική κοιλότητα 8
1.5.2 Οισοφάγος 8
1.5.3 Στομάχι 9
1.5.4 Έντερο 9
1.5.5 Ήπαρ και Πάγκρεας 10
1.6 Η Οντογένεση του πεπτικού συστήματος κατά τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια των τελεόστεων 10
1.7 Η επίδραση της θερμοκρασίας στο πεπτικό σύστημα 12
1.8 Σκοπός της παρούσας μελέτης 13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 15
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός 15
2.2 Ιστολογική ανάλυση 17
2.3 Μελέτη της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος 17
2.4 Μελέτη του ποσοστού κάλυψης του ήπατος με λίπος 18
2.5 Στατιστική Ανάλυση 19
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 20
3.1 Ανάπτυξη 20
3.2 Εξωτερική μορφολογία 21
3.3 Οντογένεση του πεπτικού συστήματος 23
3.4 Η οντογένεση του πεπτικού συστήματος σχετιζόμενη με το συνολικό μήκος των ψαριών 29
3.5 Ποσοστό λίπους στο ήπαρ και ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου 30
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ 38
5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 55
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 57

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ABSTRACT 73

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Βιολογία του είδους *A. bicinctus*

Το είδος *Amphiprion bicinctus* (Εικ. 1), ανήκει στην κατηγορία των ψαριών κλόουν που διαθέτουν μια εξαιρετική ιστορία και μια διάρκεια ζωής περίπου 30 ετών. Τα συγκεκριμένα ψάρια ανήκουν στην οικογένεια *Pomacentridae* και αντιπροσωπεύουν μια ομάδα 30 ειδών (Buston and García, 2007).

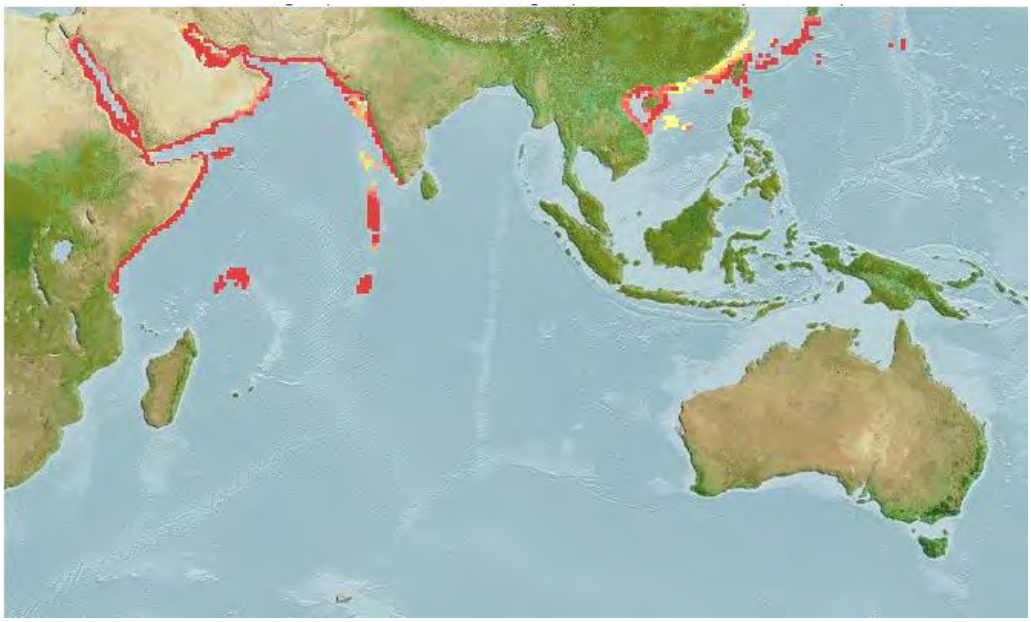
Εικόνα 1. *Amphiprion bicinctus* (reefapp.net)

Στη φύση ζουν συμβιωτικά με έως και 10 διαφορετικά είδη θαλάσσιας ανεμώνης που τους παρέχουν προστασία από τους θηρευτές (Marcionetti et al., 2019; Titus et al., 2019) και τα περισσότερα εμφανίζουν πρώτανδρο ερμαφροδιτισμό (Madhu & Madhu, 2006). Επίσης, όντας παμφάγοι οργανισμοί, η διατροφή τους περιλαμβάνει κυρίως κωπηπόποδα (35%), φύκια (33%) και πολύχαιτους (10%) και σε μικρότερο βαθμό αποτελείται από θραύσματα καρκινοειδών και αμφίποδα (Olivotto & Geffroy, 2017).

Η παρουσία των ψαριών κλόουν, εξαπλώνεται στον Ινδικό και τον Ειρηνικό ωκεανό, με το *Amphiprion bicinctus* να αποτελεί το μοναδικό είδος που εντοπίζεται στην Ερυθρά θάλασσα και στον κόλπο του Αντέν (Εικ. 2) (Maroz and Lev Fishelson, 1997). Επιπλέον, το συγκεκριμένο είδος, συμβιώνει με 6 είδη ανεμώνης και κατοικεί

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

σε ρηχές περιοχές παράκτιων κοραλλιογενών υφάλων, σε βάθη μεταξύ 0,5 και 40 m (Bennet-Smith 2020).



Εικόνα 2. Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Amphiprion bicinctus* (fishbase)

1.2 Η αξιοποίηση των ψαριών κλόουν για επιστημονικούς σκοπούς.

Τα τελευταία χρόνια, τα ψάρια κλόουν έχουν καταστεί οργανισμοί πρότυπο σε επιστημονικές μελέτες που αφορούν την κλιματική αλλαγή που απειλεί σε σημαντικό βαθμό τους κοραλλιογενείς υφάλους, την οξίνιση των ωκεανών, την οικολογία, καθώς και την εξελικτική και αναπτυξιακή βιολογία (Roux et al., 2019). Πολλά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων του μοτίβου αναπαραγωγής τους, της βραχείας πελαγικής προνυμφικής φάσης (Avella et al., 2010; Rhyne et al., 2017; Roux et al., 2020), της ποικιλομορφίας, της συμβίωσης με τις ανεμώνες, του ενδημισμού στους κοραλλιογενείς υφάλους και της ευκολίας εκτροφής τους σε συνθήκες αιχμαλωσίας, διευκολύνουν τη χρήση τους σε πειραματικές μελέτες (Bennet- Smith et al., 2021). Επίσης, η διαχείριση τους, η καταγραφή, η καταμέτρηση και η μεταφορά τους θεωρούνται απλές διαδικασίες και εξελίσσονται χωρίς να παρουσιάζονται

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ιδιαίτερα προβλήματα (Barbasch et al., 2020; Branconi et al., 2020, Rueger et al., 2018).

1.3 Η βιομηχανία της υδατοκαλλιέργειας των διακοσμητικών ψαριών

Το εμπόριο των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών έχει αναπτυχθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες (Murray et al., 2012; Leal et al. 2015) και από τότε παρατηρείται μια ακμάζουσα δραστηριότητα το 1980 με εκτιμώμενα έσοδα από 24 έως 40 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Wood, 1985), που ανήλθε στα 300 εκατομμύρια το 2017 (Palmtag, 2017) και στα 330 εκατομμύρια το 2020 (OEC, 2022). Με βάση τον αριθμό των ψαριών που εισάγονται από το 2014 έως το 2017, η Ευρώπη θεωρείται ο μεγαλύτερος προορισμός θαλάσσιων καλλωπιστικών ειδών (Biondo and Burki, 2019).

Τα ψάρια κλόουν της οικογένειας *Pomacentridae* θεωρούνται από τα πιο δημοφιλή και αναγνωρίσιμα είδη, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 50% των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών (Rhyne et al., 2012; Rhyne et al., 2017; Anzeer et al., 2019). Η χρήση τους σε ενυδρεία χρονολογείται από τη δεκαετία του 1960, καθιστώντας τα από τα πρώτα θαλάσσια διακοσμητικά είδη που διακινούνται εμπορικά (Palmtag, 2017). Επίσης, αποτελούν τα πρώτα θαλάσσια διακοσμητικά είδη που καλλιεργήθηκαν με επιτυχία το 1974 (Hoff, 1996). Εκ τότε, πάνω από 15 είδη ψαριών κλόουν διατίθενται στο εμπόριο.

Ωστόσο, οι καταστροφικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την αλιεία των διακοσμητικών ψαριών οδηγούν στη μείωση της βιοποικιλότητας (Pouil et al., 2020) και σε υψηλά ποσοστά θνησιμότητας μετά τη σύλληψη και την καταστροφή των παραγωγικών κοραλλιογενών υφάλων (Schmidt & Kunzmann, 2005). Εκτός από αυτό, η καταστροφή ειδών μη-στόχων, καθίσταται μείζων προβληματισμός (Soman et al., 2021). Συνεπώς, η εκτροφή των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, για την κάλυψη

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

της αυξανόμενης ζήτησης για εμπορικούς σκοπούς, θεωρείται ως η πλέον βιώσιμη λύση (Olivotto et al., 2017).

Η υδατοκαλλιέργεια με σκοπό την παραγωγή αλιευτικών προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εντοπίζεται στο επίκεντρο για αρκετές δεκαετίες. Από την άλλη, η ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας των διακοσμητικών θαλάσσιων ειδών βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο και αποτελεί ένα σχετικά νέο τομέα που συχνά αγνοείται από τους υδατοκαλλιεργητές. Ωστόσο, πρόκειται για ένα πολλά υποσχόμενο κλάδο, εξερευνώντας την εκτροφή νέων ειδών όπως και βελτιωμένες μεθόδους εκτροφής (Leingung, 2023). Η κλίμακα παραγωγής των θαλάσσιων διακοσμητικών ειδών, μπορεί να είναι περιορισμένη συγκριτικά με την παραγωγή των ιχθύων που προορίζονται για κατανάλωση, ωστόσο το εμπόριο τους παρουσιάζει και αυτό σημαντικές προοπτικές και ενισχύει τη βιωσιμότητα των ωκεανών, προστατεύοντας τους κοραλλιογενείς υφάλους (Hoseinifar et al., 2023). Εξίσου σημαντική είναι και η οικονομική τους αξία, η οποία εκτιμάται πάνω από 1.000 δολάρια ανά κιλό, σε σύγκριση με τη μέση τιμή των 13 δολαρίων που ανέρχεται το κόστος των εδώδιμων αλιευμάτων της υδατοκαλλιέργειας (Leingung, 2020).

Πρόσφατα, δημοσιεύθηκαν μελέτες για την εκτροφή των διακοσμητικών ψαριών (Chen et al., 2020, 2020; Vanderzwalmen,et al., 2019) περιγράφοντας ενδελεχώς το παγκόσμιο ενδιαφέρον για τα συγκεκριμένα είδη. Για την κάλυψη αυτής της αυξανόμενης ζήτησης, η εισαγωγή καινοτόμων και βιώσιμων πρακτικών εκτροφής αντιπροσωπεύουν μια βελτιωμένη εκδοχή στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας (Hoseinifar et al., 2023).

Η υδατοκαλλιέργεια των ψαριών κλόουν καθίσταται απαραίτητη για τον περιορισμό της αλιευτικής πίεσης και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

στους κοραλλιογενείς υφάλους της Ερυθράς θάλασσας (Chen e et al., 2020; Madhu and Madhu, 2014; Palmtag, 2017), ενισχύοντας τη διατήρηση ενός υγιούς και λειτουργικού οικοσυστήματος (Aljehani et al., 2022). Παράλληλα, πρόκειται για ένα είδος με σημαντική οικονομική αξία με το κόστος για κάθε ενήλικο ψάρι κλόουν να ανέρχεται στα $10 έως και $180, γεγονός που θα μπορούσε να καταστήσει την εκτροφή τους ιδιαίτερα κερδοφόρα.

1.4 Η θερμοκρασία

1.4.1 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην εκτροφή

Η θερμοκρασία καθίσταται ο κύριος εξωγενής παράγοντας που επηρεάζει την επιτυχία της εκτροφής των προνυμφών και συμβάλλει στην βέλτιστη απόδοση των πρωτοκόλλων εκτροφής, γι' αυτό και πρέπει να μελετάται συστηματικά (Jobling, 1997). Σύμφωνα με ήδη υπάρχουσες μελέτες, το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας για την ανάπτυξη των ψαριών κλόουν κατά την εκτροφή ανέρχεται στους 26-28^{o} C (Methari et al., 2015; Roux et al., 2021; Anikuttan et al., 2023).

Η θερμοκρασία, κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας και της επώασης των αβγών, επηρεάζει το μεταβολισμό, το μέγεθος των προνυμφών και τη δομή του αναπτυσσόμενου εμβρύου και κατ' επέκταση την ποιότητά του, αλλά και τη διαφοροποίηση του ρυθμού ανάπτυξής του (Klimogianni et al., 2004). Παράλληλα, επηρεάζει τα ποσοστά εκκόλαψης, το μέγεθος των προνυμφών (Hansen & Falk-Petersen 2001), την εξέλιξη και το χρόνο απορρόφησης των λεκιθικών αποθεμάτων, καθώς και την επιβίωση των προνυμφών. Περαιτέρω συμβάλλει στη νυμφική ανάπτυξη, η οποία παρουσιάζει ευαισθησία στην αλλαγή της θερμοκρασίας. Οι πολύ υψηλές τιμές θερμοκρασίας δεν πρέπει να εφαρμόζονται συνεχώς καθώς ενδέχεται να

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

οδηγήσουν στην εξάντληση των αναπαραγωγικών ζευγών γεγονός που θα περιορίσει το ποσοστό επιτυχίας της αναπαραγωγής (Roux et al., 2021).

1.4.2 Η κλιματική αλλαγή και οι αυξανόμενες θερμοκρασίες

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως προκαλούν μια σειρά αλλαγών στο κλίμα της γης (IPCC, 2021). Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες των ωκεανών θεωρούνται από τις πιο έντονες αλλαγές, με τη μέση θερμοκρασία των ωκεανών να αναμένεται να αυξηθεί κατά +3 °C έως το 2100 (IPCC, 2021). Εκτός από τη σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας, εμφανίζονται ήδη βραχυπρόθεσμες αυξήσεις στη θερμοκρασία των ωκεανών (θαλάσσια κύματα καύσωνα) (Wernberg et al., 2013) με προβλεπόμενη αύξηση της συχνότητας, της έντασης και της διάρκειας υπό μελλοντικές κλιματικές αλλαγές (Frolicher et al., 2018). Η αύξηση της έντασης των θαλάσσιων κυμάτων καύσωνα οδηγεί σε διαταραχές του οικοσυστήματος και αυξημένη θνησιμότητα θαλάσσιων οργανισμών (Hughes et al., 2017; Wernberg et al., 2013).

Τα είδη των κοραλλιογενών υφάλων απειλούνται ιδιαίτερα από την υπερθέρμανση των ωκεανών (Smale et al., 2019) γεγονός που επιβεβαιώνεται από προ ηγηθείσες μελέτες, όπου οι υψηλές θερμοκρασίες επηρέασαν τη φυσιολογία, τη συμπεριφορά και την αναπαραγωγή (Rummer et al., 2014; Malavasi et al., 2013; Miller et al., 2015).

Προηγούμενες μελέτες, διευκρινίζουν πώς οι προνύμφες μπορούν να ανταποκριθούν στην κλιματική αλλαγή. Συνήθως, εμφανίζουν ταχύτερη ανάπτυξη και μειωμένη διάρκεια των νυμφικών σταδίων όταν εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες (Raventos et al., 2021; Robitzch et al., 2016), γεγονός που πιθανόν οφείλεται στον αυξημένο ρυθμό των φυσιολογικών διεργασιών (Munday et al., 2008). Οι οικολογικές

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

συνέπειες της ταχύτερης ανάπτυξης των προνυμφών παραμένουν αβέβαιες, ωστόσο για τα ψάρια κοραλλιογενών υφάλων αυτό θα μπορούσε να μειώσει τη δυνατότητα διασποράς και τη γενετική ανάμειξη (Raventos et al., 2021) ή βελτιώνουν την επιβίωση των προνυμφών, καθώς τα στάδια που είναι ευαίσθητα στη θήρευση θα ολοκληρωθούν νωρίτερα, υπό την προϋπόθεση ότι θα μπορούν να εξασφαλίσουν επαρκή τροφή για να καλύψουν τις αυξημένες μεταβολικές απαιτήσεις (Munday et al., 2009). Αυτή η ταχύτερη ανάπτυξη προνυμφών σε αυξανόμενες θερμοκρασίες παρατηρείται συχνά εντός των ορίων της θερμικής ανοχής του είδους. Ωστόσο, όταν εκτίθενται σε θερμοκρασίες εκτός του φυσικού τους θερμικού εύρους, οι ρυθμοί ανάπτυξης των προνυμφών μπορεί και να μην επηρεαστούν (McLeod et al., 2013; McLeod et al., 2015). Εκτός από τους μεταβαλλόμενους ρυθμούς ανάπτυξης, οι μεταβολικοί ρυθμοί των προνυμφών μπορεί να επηρεαστούν από την αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών. Για παράδειγμα, η τσιπούρα (Pimentel et al., 2020) και το λαβράκι (Howald et al., 2022)εμφανίζουν αυξημένους μεταβολικούς ρυθμούς σε θερμοκρασίες που σχετίζονται με μελλοντική θέρμανση.

1.5 Το πεπτικό σύστημα των τελεόστεων

Το πεπτικό σύστημα των ιχθύων συνίσταται από τον πεπτικό σωλήνα και τους προσαρτημένους σε αυτόν αδένες το συκώτι και το πάγκρεας. Ο πεπτικός σωλήνας απαρτίζεται από τη στοματική κοιλότητα, το φάρυγγα, τον οισοφάγο, το στομάχι, το έντερο και καταλήγει στην έδρα. Ειδικότερα, η οργάνωση και ο ρόλος του πεπτικού συστήματος των ψαριών αναλύεται στις παρακάτω υποενότητες.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

1.5.1 Στοματική- φαρυγγική κοιλότητα

Η στοματική κοιλότητα ορίζεται από τα χείλη, τις δύο παρειές, την υπερώα και προς τα πλάγια και πίσω τα βραγχιακά τόξα. Συνεχίζει χωρίς κάποιο συγκεκριμένο όριο με τον φάρυγγα και εκτείνεται έως τον οισοφαγικό σφιγκτήρα. Φάρυγγας καλείται το πίσω τμήμα της στοματικής κοιλότητας κοντά στον οισοφάγο και τα βράγχια. (Rust, 2002). Η στοματική κοιλότητα και ο φάρυγγας επενδύονται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο και στους τελεόστεους χαρακτηρίζονται από την παρουσία δοντιών που διακρίνονται σε γναθιαία, στοματικά και φαρυγγικά (Rust, 2002). Τα φαρυγγικά δόντια είναι τα πλέον συνήθη και διάταξη και ο αριθμός τους ποικίλει στα διάφορα είδη. (Rust, 2002). Η παρουσία των φαρυγγικών δοντιών δεν είναι καθολική, αλλά σε όσους ιχθύες παρουσιάζονται, συμβάλλουν στη σύνθλιψη και τον τεμαχισμό της τροφής. Η διαφοροποίηση των φαρυγγικών δοντιών έχει να κάνει με την τύπο της τροφής που καταναλώνουν (Παπουτσόγλου, 2008). Η γεύση στα ψάρια εξασφαλίζεται με τους γευστικούς κάλυκες που αποτελούν τροποποιημένα επιθηλιακά κύτταρα και εντοπίζονται κυρίως στη στοματική και την φαρυγγική κοιλότητα (Ishimaru et al., 2005). Οι πληροφορίες από τους γευστικούς κάλυκες μεταβιβάζονται για επεξεργασία στον εγκέφαλο με τους νευρώνες του κρανιακού νεύρου, του γλωσσοφαρυγγικού νεύρου και του βραγχιογαστρικού νεύρου (Παπουτσόγλου, 2008).

1.5.2 Οισοφάγος

Ο οισοφάγος ξεκινά από τον φάρυγγα και εκτείνεται μέχρι το κυρίως σώμα του στομάχου, είναι βραχύς σε μήκος με παχιά τοιχώματα (Βερίλλης και Μεντέ, 2017). Χαρακτηριστικό του οισοφάγου των ψαριών είναι η ικανότητα της αύξησης της διαμέτρου του, ωθώντας εύκολα προς το στομάχι τροφές μεγάλου όγκου. Η ιδιότητα αυτή οφείλεται στην ελαστικότητα των μυών και στην ποσότητα βλέννας που παράγεται από τα βλεννογόνα κύτταρα (Rust, 2002; Παπουτσόγλου, 2008).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

1.5.3 Στομάχι

Το στομάχι είναι ένας μυώδης σάκος ο οποίος στενεύει προς τον πυλωρό. Το στομάχι των τελεόστεων παρουσιάζει μια ποικιλία διαφορετικών σχημάτων (Βερίλλης και Μεντέ, 2017). Το πρόσθιο τμήμα του στομάχου αποτελεί την συνέχεια του οισοφάγου (γνωστό ως καρδιακό τμήμα) συνεχίζει στο μεσαίο τμήμα, και ολοκληρώνεται στο οπίσθιο τμήμα, το οποίο συνδέεται με τον πυλωρικό σφικτήρα. Ο βλεννογόνος του στομάχου καλύπτεται από μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο το οποίο διαμορφώνεται σε πτυχές στην βάση των οποίων υπάρχουν πολυάριθμοι αδένες που παράγουν βλέννα. Πάνω στο στομάχι και ιδιαίτερα στο καρδιακό τμήμα εντοπίζονται οι γαστρικοί αδένες που εκκρίνουν υδροχλωρικό οξύ και πεπτικά ένζυμα (Rust, 2002; Παπουτσόγλου, 2008).

1.5.4 Έντερο

Το τμήμα του πεπτικού σωλήνα που ακολουθεί το στομάχι ονομάζεται έντερο, στην αρχή του οποίου εκφύονται τα πυλωρικά τυφλά, τα οποία διαθέτουν εκκριτικό και απορροφητικό ρόλο (Albrecht et al., 2001). Το μήκος του εντέρου ποικίλει από είδος σε είδος, ανάλογα με την ηλικία και τον τύπο της τροφής. Συνήθως, διακρίνεται στο πρόσθιο και το οπίσθιο τμήμα. Τα τμήματα αυτά χωρίζονται μεταξύ τους με την εντερική βαλβίδα (Rust, 2002). Ιστολογικά το έντερο, διακρίνεται από το βλεννογόνο (εντερικό επιθήλιο), τον υποβλεννογόνο, τον μυϊκό και τον ορογόνο χιτώνα. Στον βλεννογόνο εντοπίζονται τα βλεννογόνα κύτταρα που έχουν απορροφητικές ιδιότητες. Η απορρόφηση των λιπιδίων συμβαίνει στο πρόσθιο τμήμα και στην αρχή του οπίσθιου ενώ η απορρόφηση των πρωτεϊνών πραγματοποιείται στο τέλος του οπίσθιου τμήματος (Παπουτσόγλου,2008). Παράλληλα, στο έντερο παράγονται ένζυμα με χαρακτηριστικά τις πρωτεάσες, τις καρβοϋδράσες και τις εστεράσες (Παπουτσόγλου, 2008).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

1.5.5 Ήπαρ και Πάγκρεας

Το ήπαρ αποτελεί μια από τις σημαντικότερες δομές στους ιχθύες. Στο ήπαρ αποθηκεύονται θρεπτικά συστατικά, πρωτίστως γλυκογόνο ενώ αποτελεί την κύρια περιοχή στην οποία επιτελούνται η γλυκόλυση, η γλυκονεογένεση και ο μεταβολισμός των λιπών (Segner et al., 1993). Επίσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανοσοαπόκριση των ιχθύων και συμβάλλει στην αποτοξίνωση τοξικών ουσιών της τροφής (Βερίλλης και Μεντέ, 2017). Ο παγκρεατικός ιστός εντοπίζεται ως διάσπαρτα νησίδια τα οποία εντοπίζονται ανάμεσα στο λίπος του μεσεντερίου, στα πυλωρικά τυφλά, το σπλήνα καθώς και γύρω από την πυλαία φλέβα του ήπατος. Ο παγκρεατικός ιστός αποτελείται από την εξωκρινή μοίρα όπου παράγονται τα πεπτικά ένζυμα και την ενδοκρινή (νησίδια Langerhans) όπου παράγεται ινσουλίνη (Rust, 2002; Παπουτσόγλου, 2008).

1.6 Η Οντογένεση του πεπτικού συστήματος κατά τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια των τελεόστεων

Κατά τη διάρκεια του προνυμφικού σταδίου παρατηρούνται έντονες ανατομικές και φυσιολογικές αλλαγές. Πρόκειται για μια διαδικασία που δεν ολοκληρώνεται με τη μετάβαση από την ενδογενή στην εξωγενή διατροφή αλλά συνεχίζει μέχρι και τη νεανική φάση (Gisbert et al., 2008). Στις μορφολογικές και φυσιολογικές αλλαγές συμπεριλαμβάνονται η αναδιοργάνωση των μυών, η διαφοροποίηση των βραγχίων και του σκελετού, η ανάπτυξη των πυλωρικών τυφλών και η κατάλληλη λειτουργία και ωρίμανση του ήπατος (Gisbert et al., 2008; Papadakis et al., 2013).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Κατά τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια, από την εκκόλαψη μέχρι και το στάδιο της μεταμόρφωσης των ιχθυδίων, παρατηρούνται ποικίλες μορφολογικές και λειτουργικές αλλαγές στο πεπτικό σύστημα (Zambonino-Infante et al., 2008). Η μελέτη που επικεντρώνεται στην οντογένεση του πεπτικού συστήματος των προνυμφών καθίσταται κρίσιμη για την κατανόηση της διατροφικής φυσιολογίας των προνυμφών, καθώς και για το σχεδιασμό των κατάλληλων πρωτόκολλων σίτισης και απογαλακτισμού προάγοντας την ανάπτυξη και την επιβίωση και βελτιστοποιώντας την παραγωγική διαδικασία (Guer reiro et al., 2010; Hamre et al., 2013; Lipscomb et al., 2020; Ronnestad et al., 2013; Murray et al., 2022).

Η κατανόηση των αλλαγών του πεπτικού συστήματος που συμβαίνουν κατά την οντογένεση υπό συγκεκριμένες συνθήκες εκτροφής είναι απαραίτητη εξασφαλίζοντας αποτελεσματικούς δείκτες του διατροφικού προφίλ των οργανισμών κατά τα πρώιμα στάδια (Chen et al., 2007; Gisber et al., 2008; Treviño et al., 2011). Το συκώτι αναγνωρίζεται ως ένας καθοριστικός δείκτης για την εκτίμηση της θρεπτικής και της φυσιολογικής κατάστασης των ψαριών (Caballero et al., 1999) Συγκεκριμένα, αλλαγές στην κατάσταση του ήπατος, ιδιαίτερα τροποποιήσεις στην εναπόθεση λιπιδίων στα ηπαττοκύτταρα, μπορεί να συσχετιστούν με το πρωτόκολλο σίτισης. Αυτές οι μεταβολές ενδέχεται να προσδιορίσουν τις περιόδους υποσιτισμού κατά τη διαδικασία εκτροφής και κατά συνέπεια τις διατροφικές ελλείψεις ενός πρωτοκόλλου εκτροφής (Papadakis et al., 2009) .

Η ιστολογική εξέταση του χρόνου της οντογενετικής ανάπτυξης των δομών του πεπτικού συστήματος και των βοηθητικών αδένων αναγνωρίζεται ως η πιο ακριβής μέθοδος για την αξιολόγηση της σωστής λειτουργίας και κατά συνέπεια, της διατροφικής κατάστασης των προνυμφών (Hamlin et al., 2000). Για παράδειγμα, η μορφολογία των ηπατοκυττάρων και η ανάπτυξη λιπιδίων στο κυτταρόπλασμα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

σχετίζονται με τη διατροφική κατάσταση των προνυμφών (Chen et al., 2007; Gisbert et al., 2004a).

Αν και η οντογένεση του πεπτικού συστήματος παρουσιάζει ένα παρόμοιο μοτίβο μεταξύ των τελεόστεων, η ύπαρξη σημαντικών διαφορών ανά είδος που σχετίζονται με το χρόνο εμφάνισης και την πλήρη λειτουργικότητα των οργάνων, καθιστά απαραίτητη τη μελέτη κάθε είδους, ώστε να αναπτυχθεί η βέλτιστη εκδοχή των πρωτοκόλλων εκτροφής (Conceição et al., 2007; Gisber et al., 2008; Zambonino-Infante et al., 2008). Η οντογένεση των διακοσμητικών ψαριών δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα (Chen et al., 2022). Ωστόσο, έρευνες αποδεικνύουν ότι τα ψάρια κλόουν, παρουσιάζουν συχνά διαφορετικό μοτίβο ανάπτυξης ειδικά κατά το πρώιμο προνυμφικό στάδιο, συγκριτικά με διάφορα είδη συμπεριλαμβανομένων των *Plectropomus leopardus* (Qu et al., 2012), *Trachinotus ovatus* (Ma et al., 2014a), *Paralichthys olivaceus* (Khoa et al., 2021b), *Seriola rivoliana* (Teles et al., 2017), *Argyrosomus regius* (Solo Vyev et al., 2016). Ενώ σε γενικές γραμμές, απαιτούνται μερικές ημέρες για τη διαφοροποίηση των οργάνων και των δομών για την έναρξη της εξωγενούς σίτισης όπου έχουν αναπτυχθεί οι οφθαλμοί, οι γνάθοι και το πεπτικό σύστημα, οι προνύμφες των διακοσμητικών ειδών παρουσιάζουν έντονη μορφολογική ανάπτυξη, επιτρέποντάς τους την έναρξη της εξωγενούς σίτισης αμέσως μετά την εκκόλαψη (Chen et al., 2020; Olivotto et al., 2017a; Olivotto et al., 2011).

1.7 Η επίδραση της θερμοκρασίας στο πεπτικό σύστημα

Η θερμοκρασία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των οργάνων και των δομών ενός οργανισμού (Prakoso et al., 2019). Θεωρείται ο πρωταρχικός παράγοντας που συμβάλλει στην ανάπτυξη του πεπτικού συστήματος (Kamler, 2002)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

και σχετίζεται άμεσα με την πέψη και τους μεταβολικούς ρυθμούς (Hochachka and Somero, 2001). Ως εκ τούτου, έχει εμφανή αντίκτυπο στην ενεργειακή ισορροπία και συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης της κινητικότητας και της σίτισης. Οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν αντίκτυπο στην πρόσληψη της τροφής, τον τρόπο επεξεργασίας της τροφής μέσω της πέψης, την αφομοίωση των θρεπτικών ουσιών ενώ πρόκληση αποτελεί η ανταπόκριση στις αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις (Nguyen et al., 2019b; Volkoff et al., 2020; Yúfera et al., 2019).

Εντός των ορίων της θερμικής ανοχής κάθε είδους, οι υψηλότερες θερμοκρασίες έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένη πρόσληψη τροφής, πέψη και αυξημένους ρυθμούς διέλευσης του εντέρου. Ωστόσο, όταν οι θερμοκρασίες προσεγγίζουν το ανώτερο όριο θερμικής ανοχής, πέρα από το βέλτιστο, οδηγούν σε μείωση πρόσληψης της τροφής και τελικά σε πλήρη απώλεια της όρεξης (Chen et al., 2019) οδηγώντας σε ιστοπαθολογικές και φυσιολογικές αλλοιώσεις στο ήπαρ καθώς αποτελεί το κεντρικό όργανο για τις διεργασίες μεταβολισμού των λιπιδίων, υπεύθυνο για την οξείδωση και τη σύνθεση λιπαρών οξέων και λιπών (Huang et al., 2011; Zhao et al., 2021). Συνεπώς, η θερμοκρασία μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη του οργανισμού, στην οντογένεση του πεπτικού συστήματος αλλά και στην μορφολογία και λειτουργία του ήπατος γι' αυτό και κρίνεται απαραίτητο να μελετηθεί περαιτέρω.

1.8 Σκοπός της παρούσας μελέτης

Οι μελέτες που αφορούν στην οντογένεση του πεπτικού συστήματος των ψαριών κλόουν είναι ελάχιστες και περιορίζονται μόνο στα είδη *A. percula* (Gordon and Hecht, 2002; Onal et al., 2008) και *A. ocellaris* (Murray et al., 2023). Για το είδος *A.*

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

bicinctus δεν υπάρχει διαθέσιμη βιβλιογραφία σχετικά με την ανάπτυξη και τη λειτουργικότητα του πεπτικού συστήματος κατά την ανάπτυξη του νυμφικού σταδίου. Ωστόσο, επειδή αποτελούν οργανισμούς με προοπτικές, τόσο για το εμπόριο διακοσμητικών ειδών όσο και για επιστημονικούς σκοπούς, καθίσταται απαραίτητη η περαιτέρω μελέτη τους με σκοπό τη βελτίωση των πρακτικών εκτροφής τους και την ανάπτυξη νέων διατροφικών πρωτοκόλλων.

Στην παρούσα μελέτη, σκοπός είναι ο προσδιορισμός των επιδράσεων των διαφορετικών θερμοκρασιών στην απόδοση της ανάπτυξης και στην οντογένεση του πεπτικού συστήματος αλλά και στην εναπόθεση λιπιδίων στο ήπαρ από το στάδιο της εκκόλαψης μέχρι και τη μεταμόρφωση των νυμφών του είδους *Amphiprion bicinctus*. Οι διαφορετικές θερμοκρασίες αξιολογήθηκαν ως προς την οντογένεση του πεπτικού συστήματος και την ανάπτυξη των νυμφών, με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης θερμοκρασίας που μπορεί να αντιπροσωπεύει τις ιδανικότητες συνθήκες στα πλαίσια της εκτροφής.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Η πειραματική διαδικασία διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Ενυδρείου Κρήτης (Cretaquarium) του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιέργειας του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) στο Ηράκλειο Κρήτης. Συγκεκριμένα, η εκτροφή πραγματοποιήθηκε σε κυλινδροκωνική δεξαμενή των 150-L από πολυεστέρα, με ανοιχτό κύκλωμα παροχής νερού γεώτρησης, με ανανέωση 5%/h και αλατότητα 35‰. Η δεξαμενή ήταν εξοπλισμένη με θερμοστάτη για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα. Η φωτοπερίοδος κατά τη φάση εκτροφής των προνυμφών ήταν 12/12.

Για την εκπόνηση της πειραματικής διαδικασίας, πραγματοποιήθηκαν δύο εκτροφές σε δυο διαφορετικές θερμοκρασίες, στους 23^{o}C και στους 26^{o}C. Τα γονιμοποιημένα αβγά προήλθαν από ωοτοκία στους 23 ^{o}C και στους 26 ^{o}C αντίστοιχα. Η ποσότητα των νυμφών που προήλθαν από την πρώτη εκτροφή ισούται με 220. Αντίστοιχα, από την εκτροφή στους 26^{o}C, συλλέχθηκαν 55 νύμφες. Έγινε προσπάθεια και για την πραγματοποίηση μιας τρίτης εκτροφής στους 29^{o} C, ωστόσο, τα ψάρια κλόουν δεν κατάφεραν να γεννήσουν στην συγκεκριμένη θερμοκρασία εκτροφής.

Όσον αφορά στο διατροφικό πρωτόκολλο των νυμφών (Πίνακας 1), η χορήγηση των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών του είδους *Chlorella minutissima*, ξεκίνησε την ημέρα 0 από την εκκόλαψη (0^{η} ΗΜΕ), μέχρι και την 10^{η} ΗΜΕ δύο φορές ημερησίως. Η ποσότητα που χορηγούνταν κάθε φορά ήταν ίση με 4L. Ταυτόχρονα, τη 0^{η} ΗΜΕ ξεκίνησε και η χορήγηση των τροχόζωων του είδους *Brachionus plicatilis,* σε συγκέντρωση που κυμάνθηκε από 50x10^{3} κύτταρα ml^{-1} μέχρι 400x10^{3} κύτταρα ml^{-1} την 9^{η} ΗΜΕ. Τα τροχόζωα είχαν εμπλουτιστεί με DHA Protein Selco (INVE S.A.) και

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

χορηγούνταν 2 φορές ημερησίως. Οι ναύπλιοι της Artemia ξεκίνησαν να χορηγούνται την 6η και 7η ημέρα από την εκκόλαψη στους 23°C και στους 26°C βαθμούς αντίστοιχα, για δύο φορές την ημέρα έως και την 23η ημέρα. Ο εμπλουτισμός τους πραγματοποιήθηκε με το προϊόν Easy DHA Selco (Easy SUPER Selco, INVE S.A.). Η χορήγηση των ναυπλιών Artemia προσαρμόστηκε από 2,5x10^3 κύτταρα ml^{-1} μέχρι και 40x10^3 κύτταρα ml^{-1}.

Πίνακας 1. Διατροφικό πρωτόκολλο των νυμφών του είδους *A. bicinctus* σε σχέση με το μήκος του σώματος τους.

Ζωντανή τροφή	**Συνολικό μήκος νυμφών (mm)**			
	4 - 6	6 -8	8- 10	10- 14
Φυτοπλαγκτόν				
Τροχόζωα				
Artemia				

Ο καθαρισμός της δεξαμενής και η απομάκρυνση των νεκρών νυμφών γινόταν σε καθημερινή βάση με τη χρήση μικρού μεγέθους σιφωνιού.

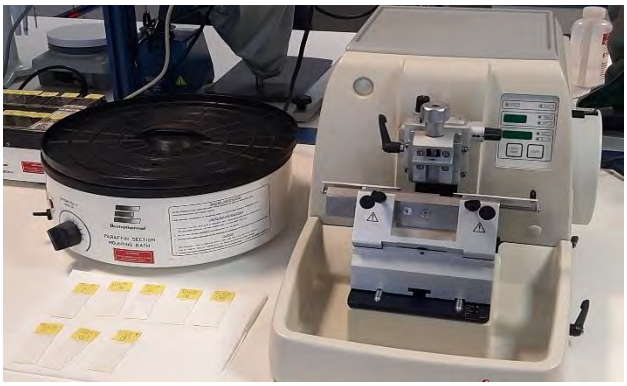
Η συχνότητα των δειγματοληψιών ήταν ανά 2 ή 3 ημέρες, από την 0 μέχρι και την 23η ΗΜΕ. Αφού συλλέχθηκαν οι νύμφες, αναισθητοποιήθηκαν, μετρήθηκαν για την εύρεση του συνολικού μήκους τους (mm) και στη συνέχεια συντηρήθηκαν σε διάλυμα 4% φορμαλδεΰδης και 1% γλουταραλδεΰδης με σκοπό την ιστολογική ανάλυση τους.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

2.2 Ιστολογική ανάλυση

Η ιστολογική ανάλυση πραγματοποιήθηκε στους εργαστηριακούς χώρους του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιέργειας του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) στο Ηράκλειο. Κατά τη διαδικασία της ιστολογικής ανάλυσης, τα δείγματα των νυμφών αφυδατώθηκαν σε μια σειρά διαλυμάτων, αυξανόμενης συγκέντρωσης αιθανόλης από 70% έως 96%. Στη συνέχεια, οι προνύμφες ενσωματώθηκαν σε διάλυμα 96% αιθανόλης και ρητίνης (Technovit 7100®, Heraeus, Kulzer) 1:1 και τέλος μονιμοποιήθηκαν σε διάλυμα 6% ρητίνης.

Η λήψη των τομών των δειγμάτων, με πάχος περίπου 3-4μm, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μικροτόμου (RM2245, Leica) (Εικ. 3). Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η διεργασία της χρώσης με μπλε του μεθυλενίου, Methylene Blue (Sigma, Germany)/Azure II (Sigma, Germany) / Basic Fuchsin (Polysciences, USA) σύμφωνα με το πρωτόκολλο των Bennett et al. (1976) (Εικ. 4).



Εικόνα 4. Χρήση μικροτόμου για τη λήψη τομών

Εικόνα 3 Χρώση τομών με μπλε του μεθυλενίου

2.3 Μελέτη της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος

Για την περιγραφή και τη μελέτη της οντογένεσης των δομών του πεπτικού συστήματος, οι τομές εξετάστηκαν με τη βοήθεια του μικροσκοπίου (Nikon, Eclipse 50i, 256 Japan) σε μεγεθύνσεις 5x 10x και 40x. Ταυτόχρονα, με τη βοήθεια της

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ενσωματωμένης ψηφιακής κάμερας (Jenoptikprogress C12 plus) , ελήφθησαν και εξετάστηκαν στιγμιότυπα των δομών του πεπτικού συστήματος καθώς και των στομαχικών περιεχομένων των νυμφών (Εικόνα 5).

Εικόνα 5. Παρατήρηση στο μικροσκόπιο της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος και λήψη στιγμιότυπων από τις δομές του πεπτικού συστήματος (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)

2.4 Μελέτη του ποσοστού κάλυψης του ήπατος με λίπος

Σε όλες τις προνύμφες εκτιμήθηκε το ποσοστό κάλυψης του ήπατος με λίπος, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από τους Papadakis et al. (2009, 2013). Οι αναλύσεις ξεκίνησαν να λαμβάνονται ήδη από την ημέρα 0 λόγω του μεγάλου μεγέθους των νυμφών. Για κάθε ημέρα δειγματοληψίας ελήφθησαν 6 μικροφωτογραφίες ανά νύμφη σε μεγέθυνση 100x από διαφορετικά τμήματα του συκωτιού. Για την αξιολόγηση της συνολικής κάλυψης του συκωτιού με λιπώδη ιστό αξιοποιήθηκε το πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας (ImageJ, NIH, USA). Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν ως ποσοστό κάλυψης με λίπος σε σχέση με την συνολική επιφάνεια της υπό μελέτης εικόνας του ήπατος.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

2.5 Στατιστική Ανάλυση

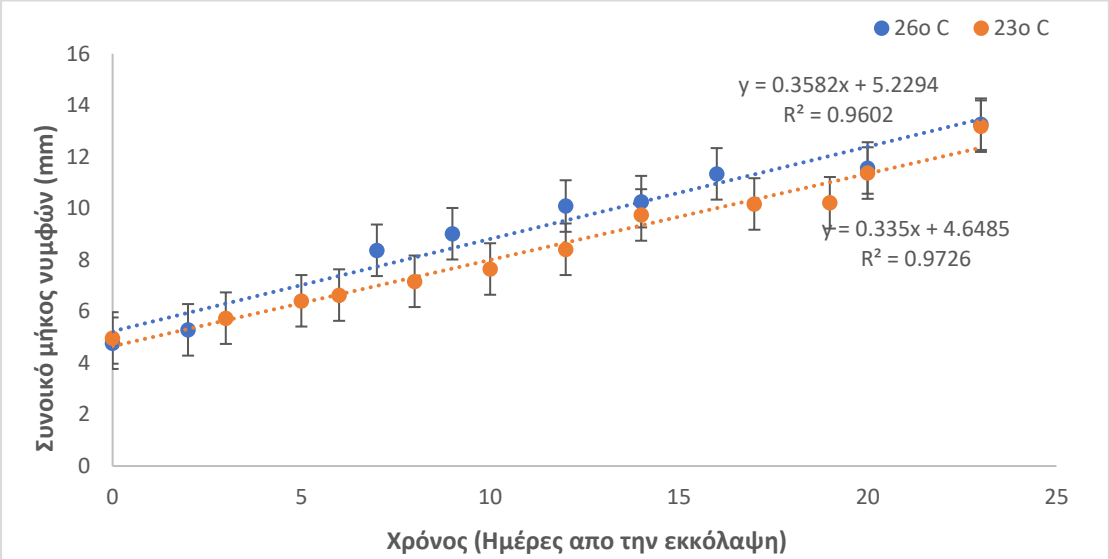
Για την παρούσα μελέτη, οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Sigma Stat για Windows (Systat Software). Όλες οι τιμές εκφράστηκαν ως μέση τιμή ± τυπική απόκλιση (M ± SD). Η σύγκριση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με βάση τη μεταβολή του λίπους στο ήπαρ ανάμεσα στις ημέρες μεταξύ των ημερών ανάπτυξης των νυμφών με το στατιστικό πακέτο One-Way ANOVA. Οι διαφορές θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές σε $p < 0,05$. Στις περιπτώσεις που προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα δεδομένα ελέγχθηκαν με το Tukey's test με σκοπό την εύρεση των διαφορών ανάμεσα στις διαφορετικές ημέρες ανάπτυξης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Ανάπτυξη

Στην εκτροφή που πραγματοποιήθηκε στους 23°C, η ανάπτυξη των προνυμφών του είδους *A. bicinctus* ακολούθησε έναν γραμμικό ρυθμό που περιγράφεται από την εξίσωση TL (mm) = 0.3051dah + 4.8599 (R^2 = 0,9751) από την 0 ΗΜΕ μέχρι το τέλος της περιόδου εκτροφής. Στους 26°C ο γραμμικός ρυθμός ανάπτυξης των προνυμφών υποδηλώνεται από την εξίσωση TL (mm)= 0.3582x + 5.2294 (R^2 = 0,9474) από τη 0 μέχρι την 23η ΗΜΕ. Η ανάπτυξη του είδους παρατηρήθηκε υψηλότερη στην ομάδα που εκτράφηκε στους 26°C σε σύγκριση με τους 23°C μέχρι και την 23η ΗΜΕ με συνολικό μήκος TL= 13mm και TL= 11.3mm αντίστοιχα, την τελευταία ημέρα της εκτροφής. Το Σχήμα 1 δείχνει πως η κλίση της καμπύλης είναι μεγαλύτερη στους 26°C υποδηλώνοντας έναν υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης συγκριτικά με τους 23°C.



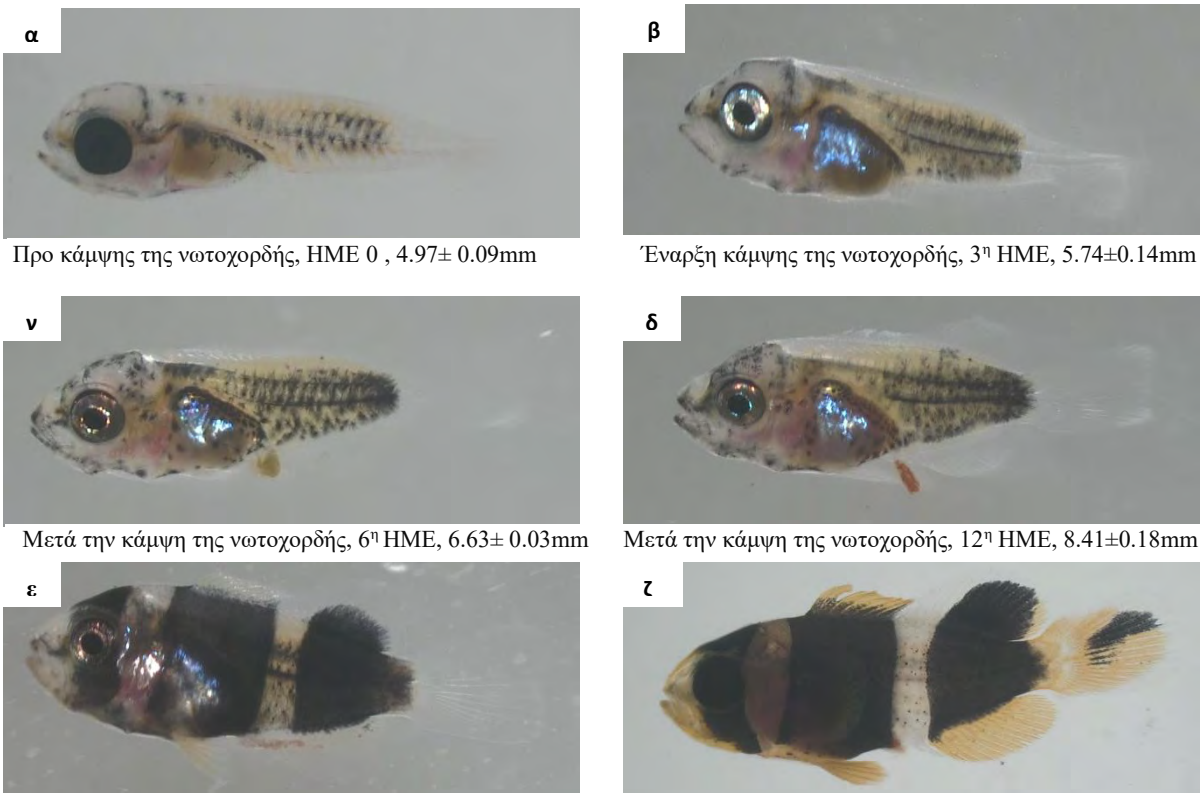
Σχήμα 1. Συνολικό μήκος (mm) (μέσος όρος ± SD) νυμφών του είδους *A. bicinctus* σε διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής σε σχέση με το χρόνο (ημέρες μετά την εκκόλαψη). Οι κόκκινες κουκκίδες αντιπροσωπεύουν την εκτροφή στους 23°C και οι μπλε την εκτροφή στους 26°C.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

3.2 Εξωτερική μορφολογία

Κατά την εκτροφή στους 23^{o} C, αμέσως μετά την εκκόλαψη, την ΗΜΕ 0 οι προνύμφες είχαν μήκος 4.97 + 0.09 mm και τρέφονταν από τα αποθέματα του λεκιθικού σάκου. Την ίδια ημέρα άνοιξε το στόμα σηματοδοτώντας την έναρξη του νυμφικού σταδίου. Η διαφάνεια του σώματος επέτρεψε την αναγνώριση του σχηματισμού του ήπατος και της νηκτικής κύστης κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, γεγονός που επιβεβαιώθηκε στην πορεία από την ιστολογική ανάλυση. Επίσης, την ΗΜΕ 0 τα μάτια έγιναν σκουρόχρωμα και η έδρα κατέστη ορατή. Η πρωτογενής πτερυγιοπτυχή, που εκτείνεται από το νωτιαίοι τμήμα της κεφαλής μέχρι το κοιλιακό όριο του στομάχου, διακόπτεται τοπικά στο σημείο εκβολής της έδρας. Τα μοναδικά πτερύγια που φέρουν οι νύμφες είναι το ζεύγος των πτυχών των θωρακικών πτερυγίων. Το συγκεκριμένο στάδιο χαρακτηρίστηκε ως το στάδιο προ-κάμψης της νωτοχορδής, διήρκεσε από την 0 έως την 3 ΗΜΕ και χαρακτηρίστηκε από την πλήρη απορρόφηση του λεκιθικού σάκου, και έπειτα από την απορρόφηση της σταγόνας ελαίου (Εικ. 6α). Συνεπώς, την 3^{η} ΗΜΕ, ο λεκιθικός σάκος είχε ήδη καταναλωθεί και οι νύμφες τρέφονταν με Rotifers, υποδηλώνοντας ό,τι η σίτιση ήταν αποκλειστικά εξωγενής. Την 3^{η} ΗΜΕ υποδηλώνεται η αρχή κάμψης της νωτοχορδής και συνοδεύεται από την εμφάνιση λεπιδοτριχίων στο ουραίο πτερύγιο (Εικ. 6β) Κατά το στάδιο μετά την κάμψη της νωτοχορδής, περίπου την 6^{η} ΗΜΕ, οι πρωτεύουσες οριακές πτυχές άρχισαν να διαφοροποιούνται σε ουραία, ραχιαία και εδρικά πτερύγια (Εικ. 6γ). Τα κοιλιακά πτερύγια εμφανίστηκαν κατά την 10^{η} – 12^{η} ΗΜΕ (Εικ. 6δ). Επίσης, την 14^{η} ΗΜΕ εμφανίστηκαν οι χρωματικές ζώνες (Εικ. 6ε). Η ολοκλήρωση των κύριων εξωτερικών αναπτυξιακών σταδίων πραγματοποιήθηκε την 23^{η} ΗΜΕ με την εμφάνιση των λεπιών και την τελική χρώση του δέρματος, όταν τα νεαρά άτομα μοιάζουν μορφολογικά με τα ενήλικα έχοντας φτάσει το στάδιο της μεταμόρφωσης (Εικ. 6ζ).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

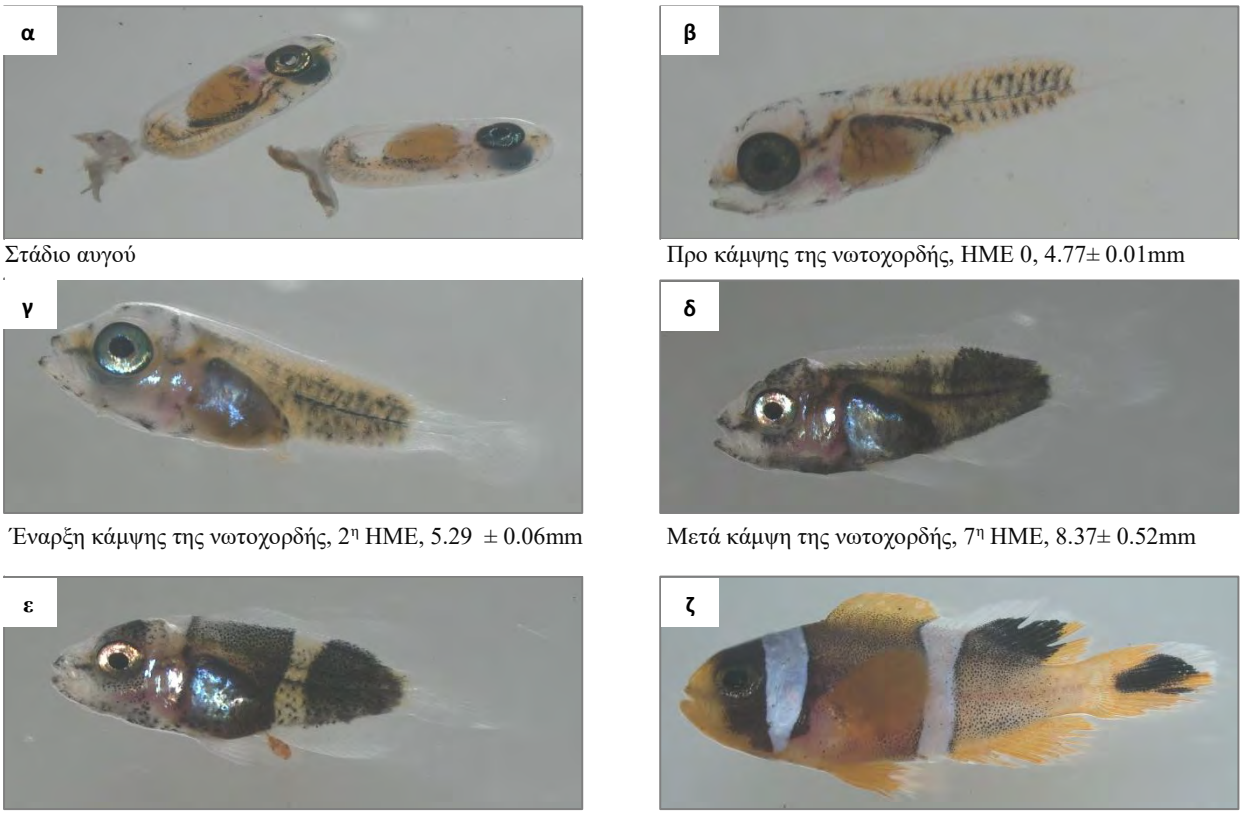


Εικόνα 6. Στάδια ανάπτυξης του είδους *A.bicinctus* στη θερμοκρασία εκτροφής 23ºC

Κατά την εκτροφή στους 26ºC, η μελέτη των αβγών επιβεβαίωσε την ύπαρξη πεπτικού συστήματος, την αναγνώριση ήπατος αλλά και της νηκτικής κύστης όπως επίσης και το χρωματισμό των ματιών (Εικ. 7α). Την ΗΜΕ 0 οι νύμφες διαθέτουν μήκος 4.76 + 0.01 mm (Εικ. 7β). Το άνοιγμα της στοματικής κοιλότητας πραγματοποιείται την ίδια ημέρα και ταυτόχρονα η έδρα ήταν ορατή. Το στάδιο προ-κάμψης διήρκεσε από τη 0 έως 2 ΗΜΕ και χαρακτηρίστηκε από την πλήρη απορρόφηση του λεκιθικού σάκου. Την 2η ΗΜΕ, ο λεκιθικός σάκος είχε ήδη καταναλωθεί και οι νύμφες τρέφονταν μόνο με Rotifers. Την ΗΜΕ 2 σηματοδοτείται η αρχή του σταδίου της κάμψης της νωτοχορδής και συνοδεύεται από την εμφάνιση λεπιδοτριχίων στο ουραίο πτερύγιο (Εικ. 7γ). Κατά το στάδιο μετά την κάμψη της νωτοχορδής, την 7η ΗΜΕ, είχαν ήδη σχηματιστεί τα ουραία, ραχιαία και εδρικά

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

πτερύγια. Επίσης, τα κοιλιακά πτερύγια εμφανίστηκαν κατά την 7η ΗΜΕ (Εικ. 7δ). Την 9η ΗΜΕ εμφανίστηκαν οι χρωματικές ζώνες (Εικ 7ε). Η μεταμόρφωση των νυμφών του είδους *A. bicinctus*, σε νεαρά ιχθύδια πραγματοποιείται την 23η ΗΜΕ (Εικ. 7ζ).



Εικόνα 7. Στάδια ανάπτυξης του είδους *A. bicinctus* σε θερμοκρασία εκτροφής 26ºC

3.3 Οντογένεση του πεπτικού συστήματος

Η ανάπτυξη των οργάνων και των δομών του πεπτικού συστήματος παρατηρήθηκε νωρίτερα στις νύμφες που η εκτροφή τους πραγματοποιήθηκε στους 26ºC συγκριτικά με την εκτροφή στους 23ºC, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Όσον αφορά στην περιοχή της στοματοφαρυγγικής κοιλότητας, το άνοιγμα του στόματος παρατηρήθηκε την ΗΜΕ 0 (T.L. 4.97± 0.09 mm) (T.L. 4.77 ± 0.01mm) και

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

για τους 23ºC και τους 26ºC αντίστοιχα (Εικ 8α). Ο λεκιθικός σάκος και στις δύο ομάδες καταλάμβανε μεγάλο όγκο στην κοιλιακή περιοχή με ένα κυκλικό σταγονίδιο ελαίου τοποθετημένο στην οπίσθια περιοχή του λεκιθικού σάκου. Αντίστοιχα, οι γευστικοί κάλυκες εμφανίστηκαν την 0 ΗΜΕ και στις δύο ομάδες (Εικ. 8β). Τα φαρυγγικά δόντια παρατηρήθηκαν την 2η-3η ΗΜΕ (T.L. 5.74 ± 0.14 mm, 69 βαθμοημέρες) στην ομάδα που εκτράφηκε στους 23ºC ενώ στην ομάδα που εκτράφηκε στους 26ºC μόλις την ΗΜΕ 0.

Στην αρχή του οισοφάγου το χαρακτηριστικό ήταν ένα ελασματοειδές επιθήλιο με μικρό αυλό στο εσωτερικό του, με ακανόνιστα κύτταρα στο όριο που καλύπτεται από ένα λεπτό μυϊκό στρώμα. Οι κύριες δομές άρχισαν να διαφοροποιούνται την ΗΜΕ 0, με τα βλεννογόνα κύτταρα (Εικ.8γ) και τις πτυχώσεις του οισοφάγου (Εικ. 8δ) να πρωτοεμφανίζονται την ΗΜΕ 0 (T.L. 4.97± 0.09 mm) (T.L. 4.77 ± 0.01mm) και στους 23ºC και στους 26ºC.

Η διαμερισματοποίηση του στομάχου παρατηρήθηκε πρώτα στην ομάδα που εκτράφηκε στους 26°C και μετά στους 23°C με την εμφάνιση του καρδιακού και του πυλωρικού σφιγκτήρα την 3η ΗΜΕ (T.L. 5.74 ± 0.14 mm, 69 βαθμοημέρες) και την 2 ΗΜΕ (T.L. 5.29 ± 0.06 mm, 52 βαθμοημέρες) αντίστοιχα (Εικ. 8ε) . Οι γαστρικοί αδένες άρχισαν να αναπτύσσονται την 8η ΗΜΕ (T.L. 7.17 ± 0.33 mm, 184 βαθμοημέρες) στους 23ºC και τη 5η ΗΜΕ (T.L. 7, 130 βαθμοημέρες) στους 26ºC (Εικ. 8ζ) . Το Υ-σχήμα του στομάχου, έγινε εμφανές την 19η ΗΜΕ (T.L. 10.22 ± 0.31 mm, 437 βαθμοημέρες) στους 23ºC και την 14η ΗΜΕ (T.L. 10.26 ± 0.13 mm, 364 βαθμοημέρες) στην υψηλότερη θερμοκρασία εκτροφής.

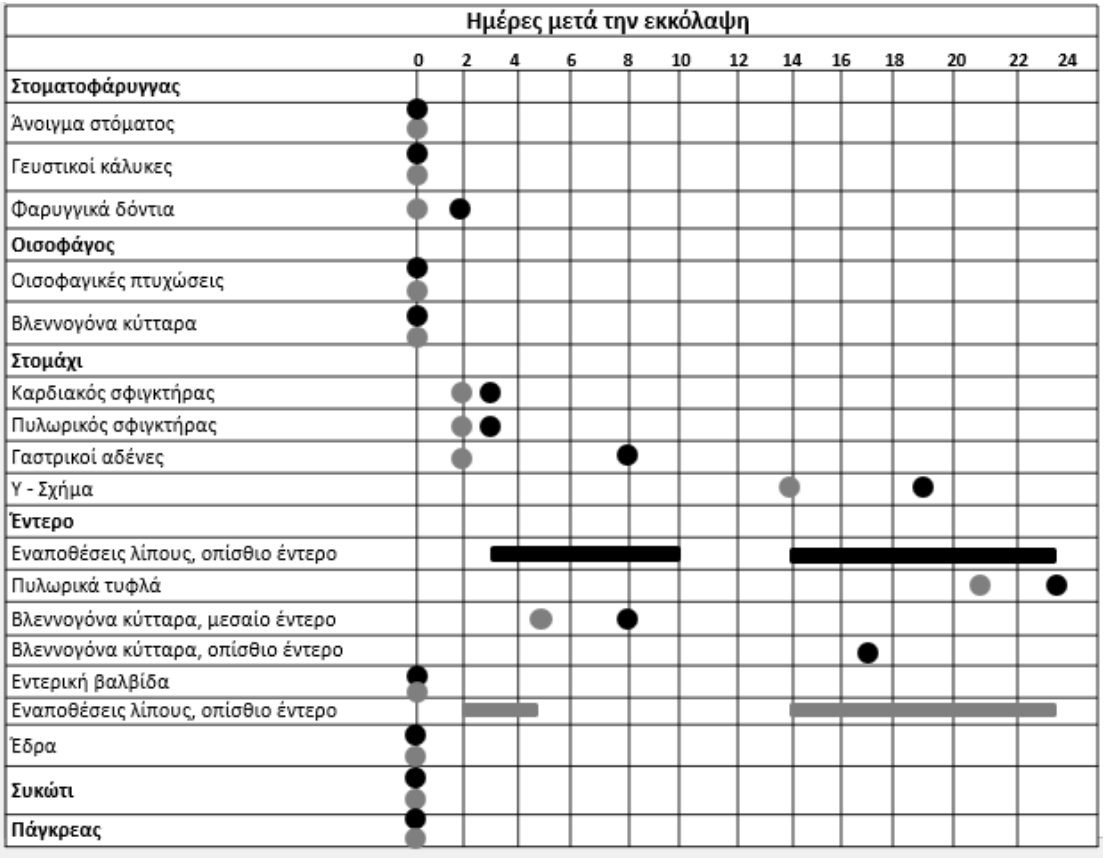
Η τμηματοποίηση του εντέρου ξεκίνησε την 0 ΗΜΕ όταν εμφανίστηκε και η εντερική βαλβίδα στην ομάδα 23°C και στην ομάδα 26°C. Η εντερική βαλβίδα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

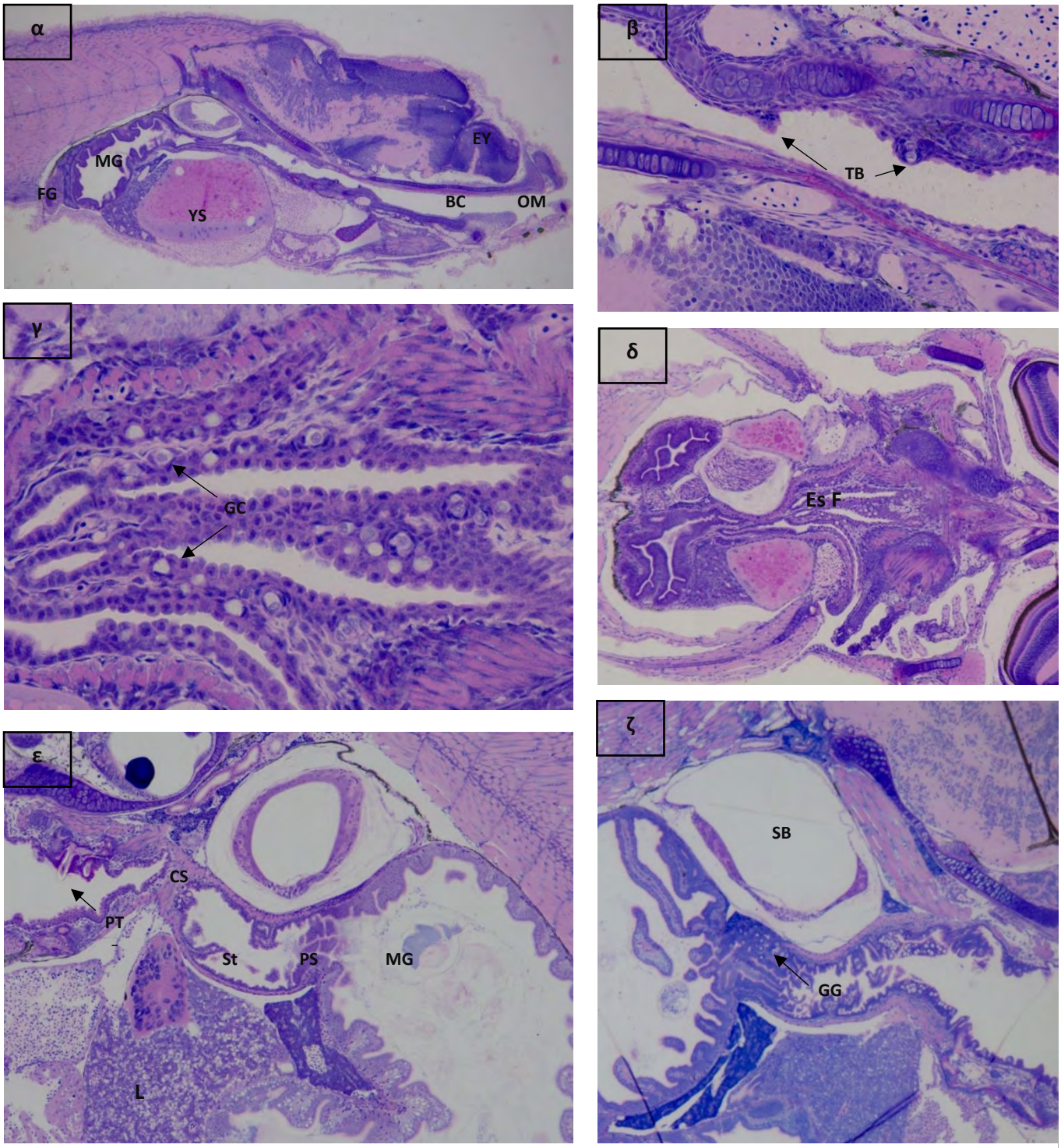
εμφανίστηκε την ίδια ημέρα με το άνοιγμα της έδρας και για τις δύο ομάδες (Εικ. 9δ). Τα βλενογόννα κύτταρα στο μέσο έντερο παρατηρήθηκαν τη 8η ΗΜΕ, (T.L. 7.17 ± 0.33 mm, 184 βαθμοημέρες) και την 5η ΗΜΕ στους 23ºC και στους 26ºC αντίστοιχα (Εικ 9β). Τα βλεννογόνα κύτταρα στο οπίσθιο έντερο παρατηρήθηκαν την 17η ΗΜΕ (T.L. 10.17 ± 0.26 mm, 391 βαθμοημέρες) στην ομάδα που εκτράφηκε στη χαμηλότερη θερμοκρασία και την 5η ΗΜΕ στην ομάδα που εκτράφηκε στους 26º C και αυξήθηκαν σε αριθμό και μέγεθος (Εικ. 9γ). Οι εναποθέσεις λίπους στο οπίσθιο έντερο, ξεκίνησαν να εμφανίζονται την 12η ΗΜΕ (T.L. 8.41 ± 0.18 mm, 276 βαθμοημέρες) στους 23ºC (Εικ. 9ε) ενώ στους 26ºC δεν εμφανίστηκαν. Στο μέσο έντερο άρχισαν να αναπτύσσονται την 3η ΗΜΕ (μέχρι τη 10η ΗΜΕ και έπειτα έγιναν ορατές ξανά την 14η ΗΜΕ (T.L. 10.26 ± 0.13 mm, 364 βαθμοημέρες) μέχρι το τέλος της εκτροφής (Εικ. 9) ενώ στους 26ºC εμφανίστηκαν την 2η ΗΜΕ μέχρι την 5η και αντίστοιχα εμφανίστηκαν ξανά από τη 14η ως την 23η ΗΜΕ . Τα πυλωρικά τυφλά παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά την 23η ΗΜΕ (13.19mm, 529 βαθμοημέρες) στη χαμηλότερη θερμοκρασία (Εικ. 9ζ) και στην υψηλότερη την 20η ΗΜΕ (11.57± 0.01, 460 βαθμοημέρες). Το ήπαρ και το πάγκρεας παρατηρήθηκαν ιστολογικά την 0 ΗΜΕ (T.L. 4.97± 0.09 mm),(T.L. 4.77 ± 0.01mm) και στην ομάδα των 23°C (Εικ. 10α,10β) και στην ομάδα των 26°C.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Πίνακας 2. Σχηματική αναπαράσταση της εμφάνισης των κύριων δομών κατά την οντογένεση του πεπτικού συστήματος στο είδος *A. bicinctus* στις διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής. Οι μαύρες κουκίδες αντιπροσωπεύουν τους 23ºC και οι γκρι τους 26ºC.

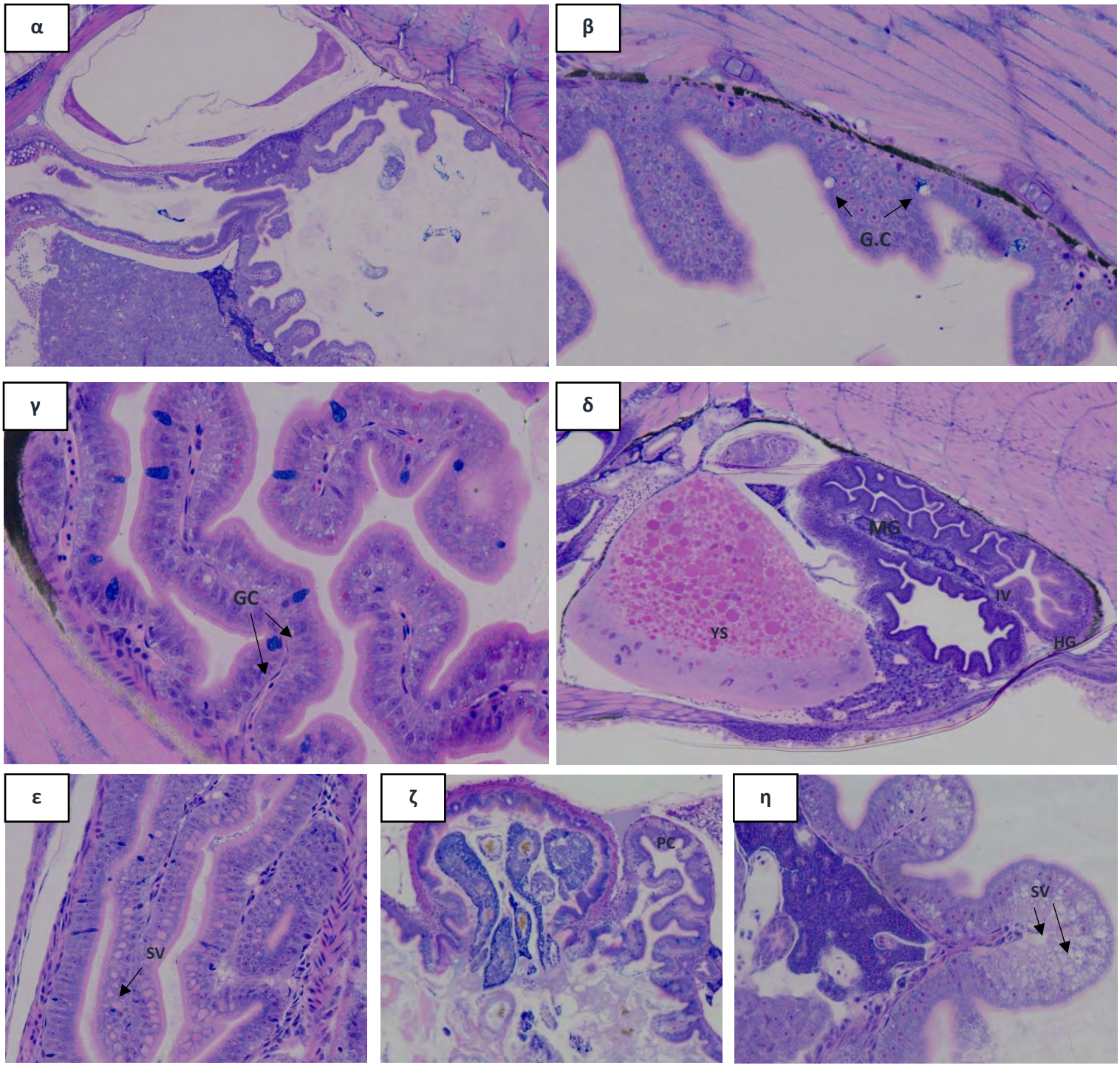


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



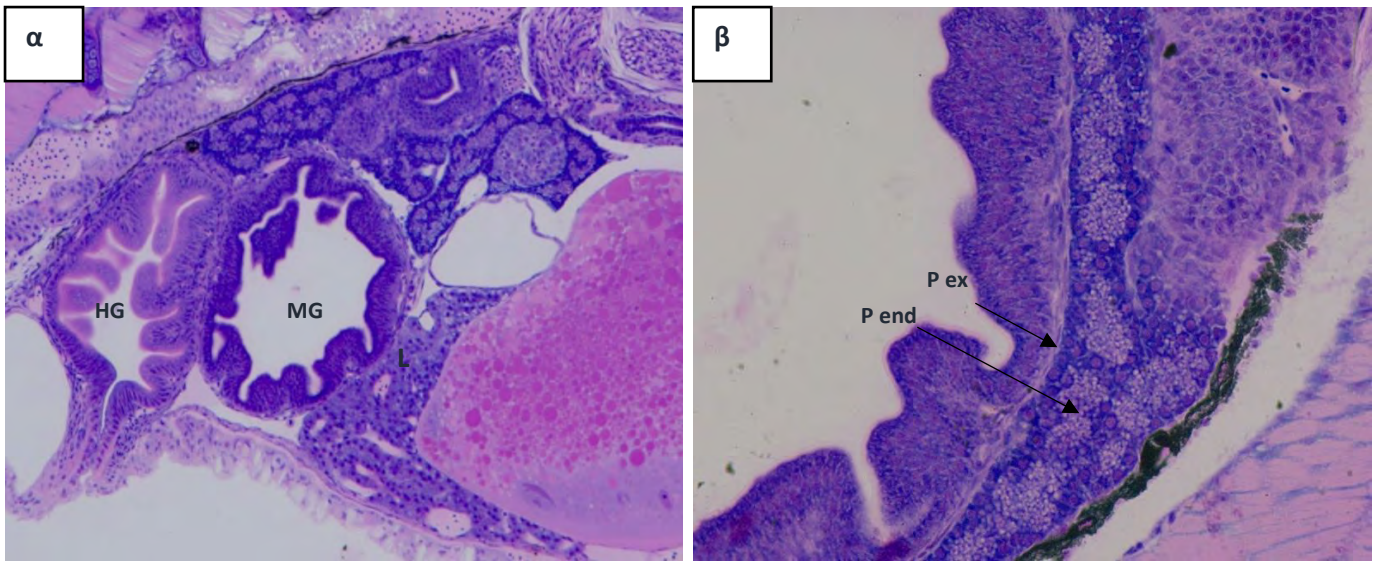
Εικόνα 8. Τομές νυμφών του είδους *A.bicinctus* σε θερμοκρασία εκτροφής 23° C (α)Άνοιγμα στόματος και έδρας την HME 0. (β) Εμφάνιση γευστικού κάλυκα την HME 0. (γ) Εμφάνιση βλεννογόνων κυττάρων στον οισοφάγο την HME 0. (δ)Εμφάνιση πτυχώσεων οισοφάγων την HME 0 (ε) Ανάπτυξη στομάχου την 3η HME όπως επίσης και εμφάνιση των φαρυγγικών δοντιών. (ζ) Διαμόρφωση γαστρικών αδένων την 8η HME. BC: Στοματοφάρυγγας, MO: Στόμα ανοιχτό, YS: Λεκιθικός σάκος, TB: γευστικοί κάλυκες, PT, φαρυγγικά δόντια, EF, Οισοφάγος; EY, Eye, GC: βλεννογόνα κύτταρα, GG, γαστρικοί αδένες; L, συκώτι; MG: μέσο έντερο; PS, πυλωρικός σφιγκτήρας; PA: πάγκρεας, CS: καρδιακός σφιγκτήρας; Es, οισοφάγος; Es F, διαμήκης πτυχή οισοφάγου. HG οπίσθιο έντερο, PS, πυλωρικός σφιγκτήρας, St, στομάχι, SB: νηκτική κύστη,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



Εικόνα 9. Ιστολογικές τομές νυμφών του είδους *A. bicinctus* σε θερμοκρασία εκτροφής 23° C. (α)Ανάπτυξη εντερικών λαχνών την 7η ΗΜΕ, μια ημέρα πριν την εμφάνιση των βλεννογόνων κυττάρων στο μεσαίο έντερο (β) Εμφάνιση των βλεννογόνων κυττάρων την 8η ΗΜΕ στο μεσαίο έντερο. (γ) Εμφάνιση των βλεννογόνων κυττάρων στο οπίσθιο έντερο την 17η ΗΜΕ. (δ) Ανάπτυξη της εντερικής βαλβίδας την 0 ΗΜΕ. (ε) Εμφάνιση των εναποθέσεων λίπους στο οπίσθιο έντερο την 12η ΗΜΕ. (ζ) Εμφάνιση των πυλωρικών τυφλών στο έντερο την 23η ΗΜΕ. (η) Εμφάνιση των εναποθέσεων λίπους στο μέσο έντερο την 3η ΗΜΕ. MG: Μέσο έντερο, GC: Βλεννογόνα κύτταρα, HG: Οπίσθιο έντερο, SV: Εναποθέσεις λίπους, IV: Εντερική βαλβίδα, YS: Λεκιθικός σάκος, PC: Πυλωρικά τυφλά

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

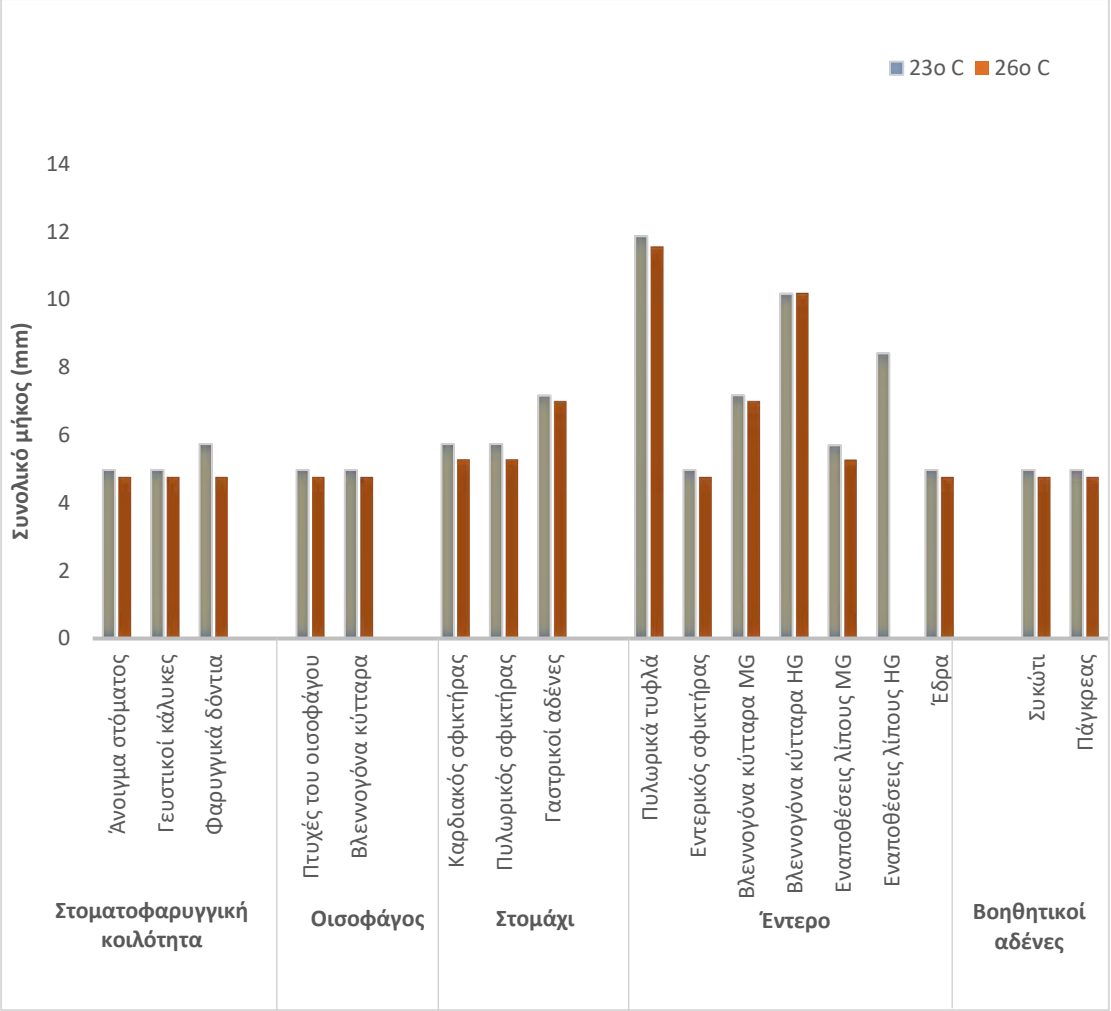


Εικόνα 10. Ιστολογικές τομές του είδους *A.bicinctus* σε θερμοκρασία εκτροφής 23ºC (α) Εμφάνιση ήπατος την ΗΜΕ 0. (β) Διαφοροποίηση παγκρέατος, εμφάνιση εξωκρινούς και ενδοκρινούς μοίρας την 0 ΗΜΕ. L: Λίπος , MG: Μέσο έντερο, HG: Οπίσθιο έντερο, Pa: Πάγκρεας, P end: Ενδοκρινής μοίρα παγκρέατος, P ex: Εξωκρινής μοίρα παγκρέατος.

3.4 Η οντογένεση του πεπτικού συστήματος σχετιζόμενη με το συνολικό μήκος των ψαριών

Όπως αποδεικνύεται από την τρέχουσα μελέτη, τα περισσότερα όργανα και δομές του πεπτικού συστήματος εμφανίστηκαν και στις δύο ομάδες εκτροφής, όταν τα ψάρια παρουσίασαν παρόμοιο συνολικό μήκος με μικρές διαφορές όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



Σχήμα 2. Απεικόνιση του συνολικού μήκους των νυμφών του είδους *A. bicinctus* σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής, σε σχέση με την εμφάνιση των κύριων οργάνων και των δομών κατά την οντογένεση του πεπτικού συστήματος

3.5 Ποσοστό λίπους στο ήπαρ και ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου

Η εξωγενής σίτιση των νυμφών ξεκίνησε την ΗΜΕ 0 και μόλις την 3η ΗΜΕ εντοπίστηκαν Rotifers στο στομάχι των νυμφών του είδους *A. bicinctus* στη θερμοκρασία εκτροφής 23°C. Τα Rotifers υψηλής ποιότητας, με τα αβγά τους, βρέθηκαν στο πεπτικό σύστημα μέχρι και την 10η ΗΜΕ. Η πέψη των αβγών δεν ήταν δυνατή γι' αυτό και εντοπίστηκαν άπεπτα στο στομάχι. Η αποτελεσματική πέψη της Artemia επετεύχθη καθώς είχαν ήδη εμφανιστεί και τα φαρυγγικά δόντια και οι γαστρικοί αδένες αφού δεν εντοπίστηκαν άπεπτοι ναύπλιοι στο έντερο.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Η εξέλιξη του λίπους του ήπατος (Σχ. 3) χαρακτηρίστηκε από τέσσερις διαφορετικές περιόδους κατά τις ημέρες ανάπτυξης των νυμφών. Κατά την πρώτη περίοδο (από 0 ΗΜΕ έως 5η ΗΜΕ), το ποσοστό λίπους (Εικ. 11α) παρουσίασε μια αυξητική τάση μέχρι την ΗΜΕ 3^{η} και έπειτα εμφάνισε μείωση μέχρι την 5^{η} ΗΜΕ. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, παρά την χορήγηση των Rotifers από την ΗΜΕ 0, οι προνύμφες ξεκίνησαν να τα καταναλώνουν την 3^{η} ΗΜΕ, όπως παρατηρήθηκε και από τα στομαχικά περιεχόμενα (Εικ. 12α).

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης περιόδου (από 5^{η} έως 10^{η} ΗΜΕ) το ποσοστό λίπους ήταν σταθερό και δεν εμφανίστηκε σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ της 5^{ης}, 6^{ης} 8^{ης} και 10^{ης} ΗΜΕ. Την 6^{η} ΗΜΕ ξεκίνησε η χορήγηση της Artemia αλλά όπως αποδεικνύεται από τα στομαχικά περιεχόμενα οι νύμφες δεν ήταν σε θέση να την καταναλώσουν ακόμα. Τα rotifers είναι ορατά μέχρι και τη 10^{η} ΗΜΕ στα στομαχικά περιεχόμενα, από εκεί και έπειτα η χορήγηση τους διακόπτεται και δεν εντοπίζονται πλέον στο πεπτικό σύστημα (Πιν. 3).

Κατά την έναρξη της, η τρίτη περίοδος (10 με 17 ΗΜΕ) χαρακτηρίστηκε από μια αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπίδια του ήπατος (Εικ.11β), με το ποσοστό λίπους να είναι σημαντικά υψηλότερο ($P < 0,05$) συγκριτικά με τις προηγούμενες ημέρες ανάπτυξης. Η 10^{η} ΗΜΕ σηματοδοτεί την έναρξη κατανάλωσης της Artemia (Εικ.12γ). Τη συγκεκριμένη περίοδο μεταξύ της 12^{ης} και της 17^{ης} ΗΜΕ, το ποσοστό λίπους παρουσίασε μια μικρή πτωτική τάση χωρίς ωστόσο να υπάρξει σημαντική διαφορά. Στην τέταρτη και τελευταία περίοδο (17^{η} – 23^{η} ΗΜΕ) παρατηρήθηκε ένας μικρός και σταθερός ρυθμός αύξησης του λίπους (Εικ.11γ), χωρίς όμως να παρατηρηθεί σημαντικά στατιστική διαφορά. Η Artemia συνεχίζει να χορηγείται μέχρι και την τελευταία ημέρα της τέταρτης περιόδου, γι’ αυτό και εντοπίζεται στα στομαχικά περιεχόμενα (Εικ. 12δ).

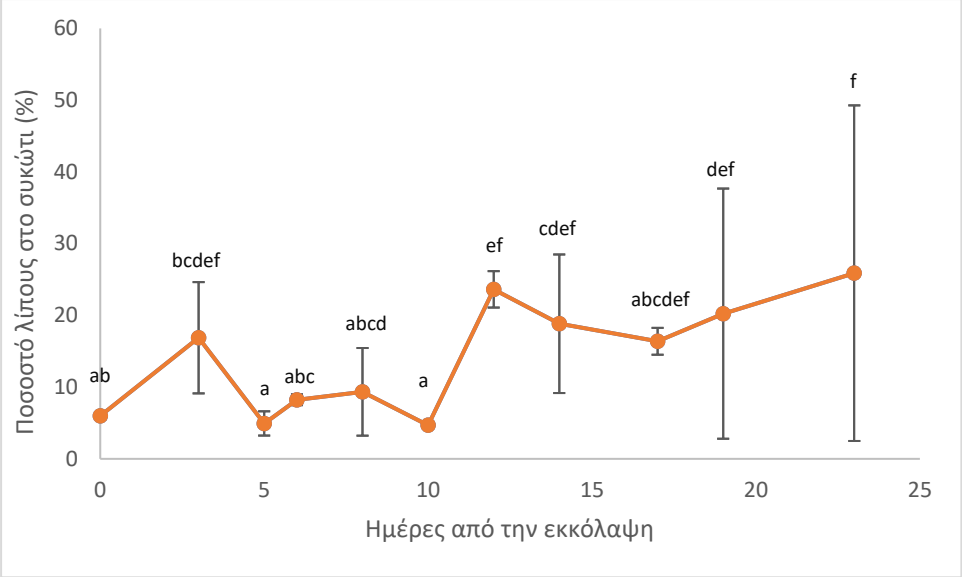
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Αντίστοιχα, η εξέλιξη του ποσοστού λίπους του ήπατος διακρίθηκε σε τέσσερις περιόδους, κατά την εκτροφή στους 26^{o}C (Σχ. 4). Την πρώτη περίοδο (από 0 ΗΜΕ έως 5η ΗΜΕ), το ποσοστό λίπους (Εικ.11δ) αυξήθηκε προοδευτικά από την 0 ΗΜΕ μέχρι την 2^{η} ΗΜΕ με σημαντικά υψηλότερες τιμές λίπους την 2^{η} ΗΜΕ της περιόδου, συγκριτικά με την 0 και την 5^{η} ΗΜΕ (P <0,05). Στα πλαίσια της συγκεκριμένης περιόδου, οι νύμφες άρχισαν να καταναλώνουν τα rotifers την 2^{η} ΗΜΕ, όπως αποδεικνύεται από τα περιεχόμενα του στομάχου (Πιν.4).

Κατά τη δεύτερη περίοδο, (5^{η} ΗΜΕ έως 12^{η} ΗΜΕ) παρατηρείται μια αυξητική τάση του λίπους. Το ποσοστό λίπους της 5^{ης} ΗΜΕ είναι παρόμοιο με το ποσοστό της 9^{ης}, ενώ είναι σημαντικά χαμηλότερο από το ποσοστό λίπους της 7^{ης} και της 12^{ης} ΗΜΕ (P <0,05). Την 7^{η} ΗΜΕ ξεκίνησε η χορήγηση της Artemia ωστόσο η καταναλώθηκε την 9^{η} ΗΜΕ όπου και παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση στην εναπόθεση λίπους. Με βάση την ανάλυση των στομαχικών περιεχομένων, τα Rotifers είναι ορατά μέχρι και τη 9^{η} ΗΜΕ, από εκεί και έπειτα η χορήγηση τους διακόπτεται και δεν εντοπίζονται πλέον στο πεπτικό σύστημα.

Κατά την τρίτη περίοδο (12^{η} έως 16^{η} ΗΜΕ) το ποσοστό λίπους (Εικ. 11ε) αυξήθηκε προοδευτικά από την 12^{η} μέχρι την 16^{η} ΗΜΕ, με σημαντικά υψηλότερες τιμές την τελευταία ημέρα της περιόδου συγκριτικά με όλες τις προηγούμενες ημέρες ανάπτυξης (P <0,05). Την τέταρτη περίοδο, (από 16^{η} έως 23^{η} ΗΜΕ), το ποσοστό λίπους (Εικ. 11ζ) ξεκίνησε να μειώνεται σημαντικά από την 16^{η} ΗΜΕ μέχρι την ΗΜΕ 20 (P <0,05), ενώ σταδιακά ξεκίνησε να αυξάνεται με χαμηλό ρυθμό μέχρι την 23^{η} ΗΜΕ χωρίς να υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά από την 20^{η} ΗΜΕ.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

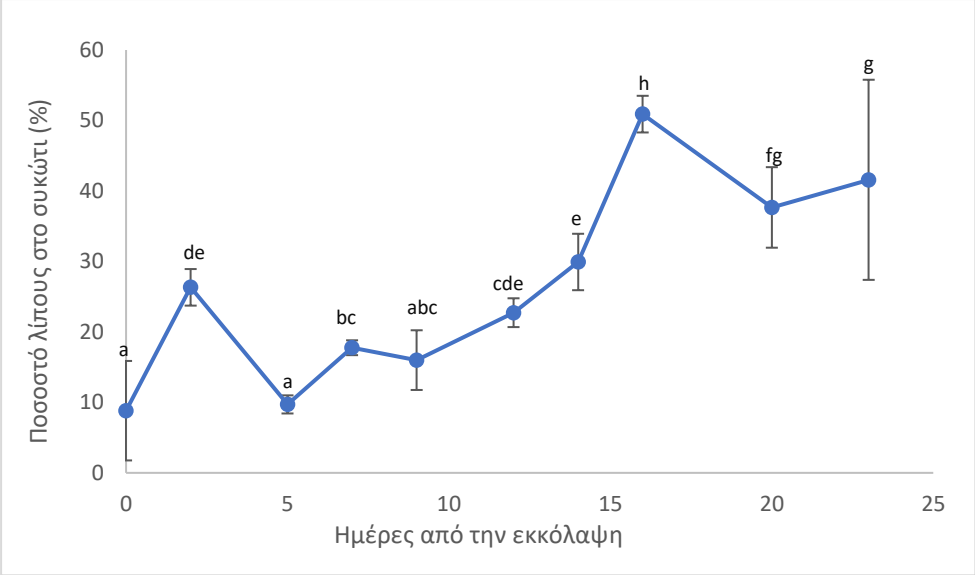


Σχήμα 3. Μεταβολή του λίπους στο συκώτι στους 23° C. Οι τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη εμφανίζουν σημαντικά στατιστική διαφορά (P<0,05, One Way ANOVA, Tukey's Test)

Πίνακας 3. Παρουσίαση του διατροφικού πρωτοκόλλου και συσχέτιση με τον χρόνο εμφάνισης κάθε είδους ζωντανής τροφής στα στομαχικά περιεχόμενα σε θερμοκρασία 23° C

Ζωντανή τροφή	**Ημέρες μετά την εκκόλαψη**										
	0	3	5	6	8	10	12	14	17	19	23
Φυτοπλαγκτόν		X	X	X	X						
Τροχόζωα		X	X	X	X	X					
Artemia						X	X	X	X	X	X

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



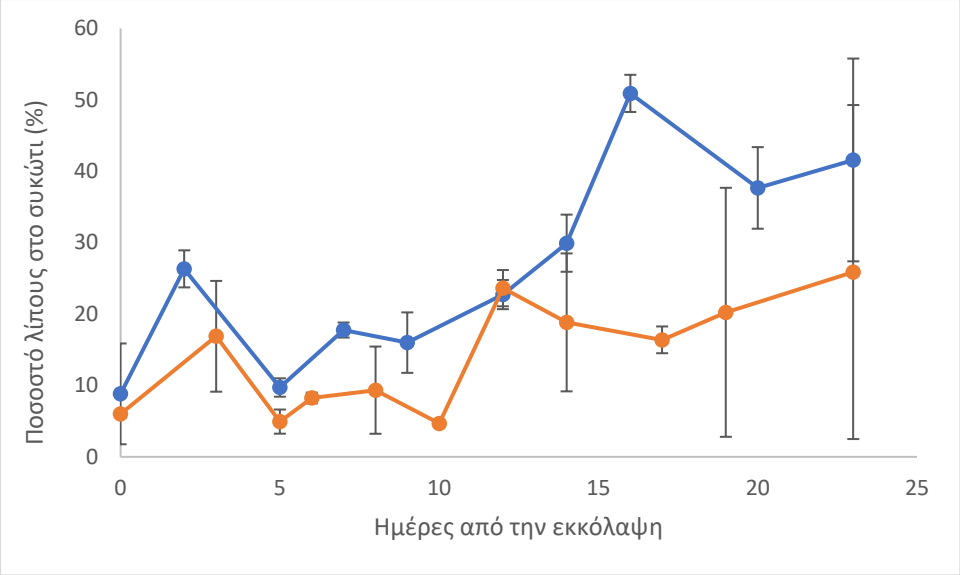
Σχήμα 4. Μεταβολή του λίπους στο συκώτι σε θερμοκρασία εκτροφής 26° C. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων υποδεικνύονται με διαφορετικούς εκθέτες πάνω από τις τιμές ($p<0,05$, One- Way -ANOVA, Tukey's Test)

Πίνακας 4. Απεικόνιση του διατροφικού πρωτοκόλλου και συσχέτιση με τον χρόνο εμφάνισης κάθε είδους ζωντανής τροφής στα στομαχικά περιεχόμενα σε θερμοκρασία εκτροφής 26° C

Ζωντανή τροφή	**Ημέρες μετά την εκκόλαψη**									
	0	2	5	7	9	12	14	16	20	23
Φυτοπλαγκτόν		**X**	**X**	**X**	**X**					
Τροχόζωα		**X**	**X**	**X**	**X**					
Artemia					**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

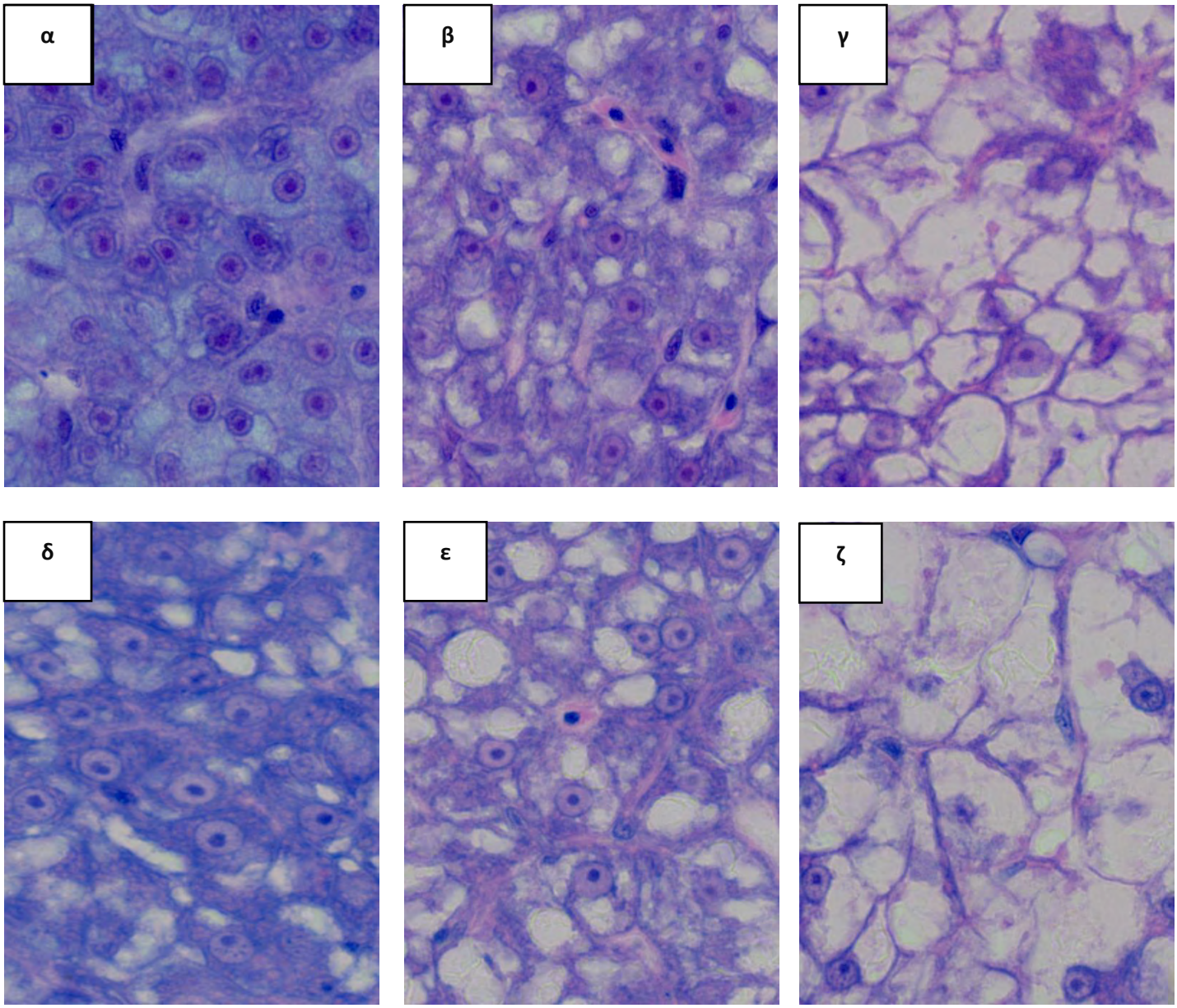
Η εναπόθεση των λιπιδίων στο συκώτι παρουσιάζεται υψηλότερη στους 26°C συγκριτικά με τους 23°C όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5. Και στις δύο εκτροφές, το ποσοστό λίπους παρουσιάζει αυξητική τάση από τη 12η μέχρι και την 23η ΗΜΕ.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



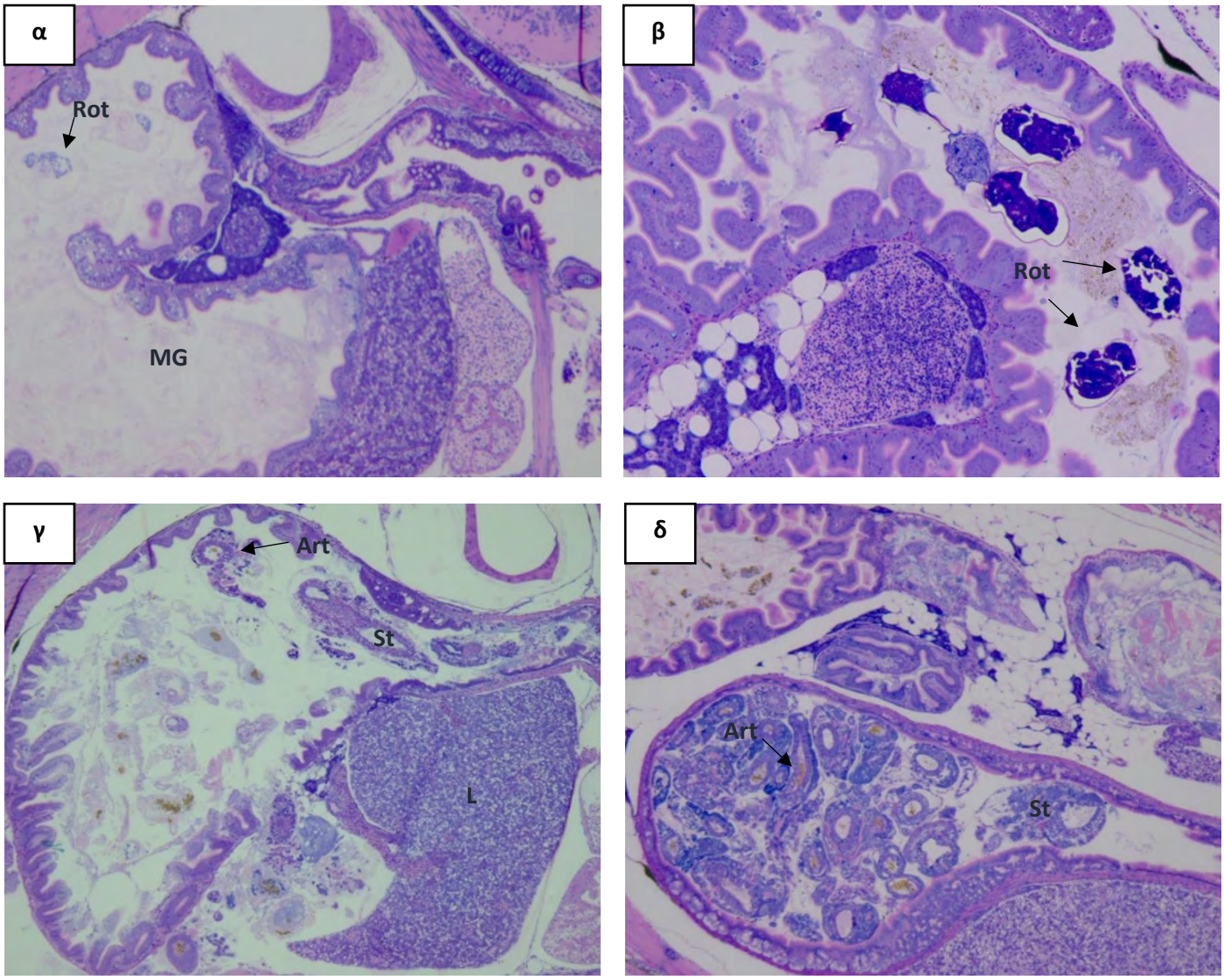
Σχήμα 5. Μέση τιμή του ποσοστού λίπους στο ήπαρ, σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής για το είδος *A. bicinctus*. Η μπλε καμπύλη αντιπροσωπεύει την εξέλιξη του λίπους στους 26ºC και η πορτοκαλί στους 23ºC.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



Εικόνα 11. Στιγμιότυπα ιστολογικών τομών του ήπατος στο είδος *A. bicinctus* παρουσιάζουν μια διαβάθμιση διαφορετικών επιπέδων λιπιδίων στο ήπαρ. Οι α, β, και γ αφορούν στις ΗΜΕ 0, 14 και 23 αντίστοιχα σε θερμοκρασία εκτροφής 23ºC και οι δ, ε και ζ αφορούν στις ΗΜΕ 5, 12 και 23 σε θερμοκρασία εκτροφής 26ºC.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38



Εικόνα 12. Στιγμιότυπα ιστολογικών τμημάτων του είδους *A.bicinctus* σε διαφορετικούς χρόνους (ημέρες μετά την εκκόλαψη) κατά την εκτροφή στους 23ºC, που συμπεριλαμβάνουν τμήματα από το στομάχι και το έντερο. Διακρίνονται τα στομαχικά περιεχόμενα που περιλαμβάνουν Rotifers και Artemia. (α) 3η HME (β) 8η HME (γ) 12η HME (δ) 23η HME. Rot=rotifer, Art=Artemia, MG=μέσο έντερο, St=στομάχι, L: Ήπαρ

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη αξιολόγησε την επίδραση δυο διαφορετικών θερμοκρασιών στην ανάπτυξη, την οντογένεση του πεπτικού συστήματος, και την εναπόθεση λιπιδίων στο ήπαρ κατά τις πρώτες 23 ημέρες μετά την εκκόλαψη, κατά την εκτροφή των νυμφών του είδους *Amphiprion bicinctus*. Επίσης, επιβεβαιώθηκε πως η θερμοκρασία επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τους ρυθμούς ανάπτυξης και την οντογενετική ανάπτυξη του πεπτικού συστήματος.

Αν και δεν υπάρχει διαθέσιμη βιβλιογραφία που να μελετά το ρυθμό ανάπτυξης του είδους *A. bicinctus,* σε συνθήκες εκτροφής αποδεικνύεται ότι είναι ένα είδος με υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Επίσης, η μορφολογική ανάπτυξη του παρουσιάζεται να είναι παρόμοια με την ανάπτυξη ομοειδών. Κατά την εκκόλαψη, οι προνύμφες του είδους *A. percula* διέθεταν μήκος που κυμαινόταν από 3,79 έως 4,2 mm (Gordon and Hecht, 2002; Madhu et al., 2012; Onal et al., 2008). Επίσης, το συνολικό μήκος των προνυμφών των ειδών A. *frenatus* και A.*ocellaris* την 0 ΗΜΕ ήταν 4,61 mm και 4.21 αντίστοιχα (Putra et al., 2012; Murray et al., 2023). Ωστόσο, συγκριτικά με κάποια χαρακτηριστικά είδη της μεσογειακής υδατοκαλλιέργειας συμπεριλαμβανομένων της τσιπούρας (*Sparus aurata*), του κρανιού (*Argyrosomus regius*) και του μαγιάτικου (*Seriola dumerili*), η ανάπτυξη του είδους που μελετάται, ήταν εμφανώς υψηλότερη (Mello et al., 2022; Papadakis et al., 2013; Papandroulakis et al., 2005).

Η θερμοκρασία εκτροφής μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά την ανάπτυξη και τη φυσιολογία των νυμφών (Ye et al., 2011). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες οδηγούν συνήθως σε ταχύτερη ανάπτυξη και μειωμένη διάρκεια του νυμφικού σταδίου (Raventos et al., 2021; Robitzch et al., 2016), γεγονός που πιθανόν οφείλεται στον αυξημένο ρυθμό των φυσιολογικών διαδικασιών (Munday et al., 2008).Η παρούσα μελέτη το επιβεβαιώνει, καθώς η ανάπτυξη του είδους *A. bicinctus*, παρατηρήθηκε

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

υψηλότερη στην ομάδα που εκτράφηκε στους 26°C σε σύγκριση με τους 23°C μέχρι και την 23η ΗΜΕ. Αντίστοιχα, σύμφωνα με τους Bridget et al. (2004), η μείωση της θερμοκρασίας εκτροφής από τους 28° C στους 25° C είχε ως αποτέλεσμα χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης για το *είδος Amphiprion melanopus*. Ταυτόχρονα, το είδος *Amphiprion ocellatis* παρουσίασε υψηλότερη ανάπτυξη με μεγαλύτερες τιμές μήκους σε συνθήκες με θερμοκρασία 31° C σε σύγκριση με τους 28° C (Moore et al., 2023). Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται από τους Ye et al. (2011), που οι προνύμφες του A. *clarkii* αναπτύχθηκαν ταχύτερα με την αύξηση της θερμοκρασίας εκτροφής από τους 23° C στους 29°C (23°C, 26°C, 29°C). Ωστόσο, υψηλότερη τιμή από τη βέλτιστη θερμοκρασία οδήγησε σε μείωση του ρυθμού ανάπτυξης στο εκτρεφόμενο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) (Person Le Ruyet et al., 2004).

Η έναρξη της περιόδου της κάμψης της νωτιαίας χορδής σε αυτή τη μελέτη ήταν παρόμοια με τα αποτελέσματα των Roux et al. (2019); Murray et al. (2023) όπου σημειώθηκε η κάμψη της νωτιαίας χορδής μεταξύ 2ης και 8ης ΗΜΕ στις προνύμφες *A. ocellaris*. Οι αναφερόμενοι χρόνοι μεταμόρφωσης των ειδών *Amphiprion* συνήθως κυμαίνονται από 9 έως 25 ΗΜΕ (Ghosh and Kumar, 2015; Gordon and Hecht, 2002; Madhu et al., 2012).Πράγματι στην παρούσα μελέτη, η μεταμόρφωση παρατηρείται την 14η ημέρα στους 23° C και την 12η ΗΜΕ στους 26° C με βάση τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά και συγκεκριμένα τη μελάγχρωση που υποδηλώνει την έναρξη της μεταμόρφωσης. Παρόμοια, οι Madhu et al. (2012) ανέφεραν μεταμόρφωση για το *A. ocellaris* να συμβαίνει μεταξύ 15 και 17 ΗΜΕ, ενώ οι Ghosh και Kumar (2015) ανέφεραν ότι η μεταμόρφωση συνέβη από τις 25 ΗΜΕ και μετά. Οι Gordon & Hecht (2002) ανέφεραν ότι η μεταμόρφωση του *A. percula* συμβαίνει σε 9 DPH, όπου το στομάχι καθίσταται πλήρως λειτουργικό και ξεκινά η εξωκυτταρική πέψη, που υποδεικνύεται από την παρουσία των εναποθέσεων λίπους στο έντερο. Οι διαφορές

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

που σχετίζονται με το χρόνο της μεταμόρφωσης μπορεί να αποδίδονται σε διαφορετικούς ορισμούς της μεταμόρφωσης αλλά και των συνθηκών εκτροφής (Rønnestad et al., 2013).

Λόγω ύπαρξης παραλλαγών στο χρόνο σχηματισμού των οργάνων, στην ανάπτυξη και τη λειτουργικότητα καθίσταται απαραίτητη η διεξαγωγή μελετών οντογένεσης με σκοπό τη βελτιστοποίηση των πρακτικών εκτροφής αλλά και των συνθηκών διατροφής. Οι μελέτες που σχετίζονται με την οντογένεση των προνυμφών, ιδίως εκείνες που αφορούν στο πεπτικό σύστημα, θεωρούνται σύγχρονα εργαλεία για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας των βασικών συστημάτων οργάνων αλλά και για τις φυσιολογικές απαιτήσεις των προνυμφών. Κατά αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται η ευζωία και η ανάπτυξη των εκτρεφόμενων οργανισμών συμβάλλοντας στη βελτίωση των πρακτικών εκτροφής των προνυμφών (Padros et al., 2011). Έτσι, διαμορφώνονται τα κατάλληλα πρωτόκολλα σίτισης που μπορούν να συγχρονίσουν την ανάπτυξη των προνυμφών με το πρωτόκολλο εκτροφής, παρέχοντας ταυτόχρονα μια εικόνα για τον κατάλληλο χρόνο του απογαλακτισμού (Asgari et al., 2014).

Η παρούσα έρευνα, αποδεικνύει ότι το είδος A*mphiprion bicinctus* παρουσιάζει γρήγορους ρυθμούς οντογένεσης του πεπτικού συστήματος καθώς κατά την εκκόλαψη παρουσιάζεται ένα ικανοποιητικά αναπτυγμένο πεπτικό σύστημα των νυμφών. Μάλιστα, επιβεβαιώνει και συμπληρώνει μελέτες που έχουν προηγηθεί, σύμφωνα με τις οποίες αρκετά είδη της οικογένειας *Pomacentridae* με πρωταγωνιστές τα ψάρια κλόουν χαρακτηρίζονται από μια ταχεία ανάπτυξη των κύριων οργάνων και των δομών του πεπτικού συστήματος. Συγκεκριμένα, εμφανίζουν μια ραγδαία εξέλιξη του πεπτικού σωλήνα, δηλαδή διαφοροποιημένο ήπαρ, πάγκρεας και έντερο, ενώ επίσης παρουσιάζουν και ανεπτυγμένα μάτια αλλά και λειτουργικές σιαγόνες, υποδηλώνοντας την δυνατότητα έναρξη της εξωγενούς διατροφής των νυμφών άμεσα αφού

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ολοκληρωθεί η εκκόλαψη (Gordon and Hecht, 2002; Onal et al., 2008; Madhu et al., 2012). Επίσης επιβεβαιώνεται ότι η ανάπτυξη της οντογένεσης είναι πολύ υψηλότερη συγκριτικά με άλλα είδη συμπεριλαμβανομένων και των κυριότερων εκτρεφόμενων ειδών της Μεσογειακής Υδατοκαλλιέργειας (Mello et al., 2022; Lois et al., 2022; Papadakis et al., 2009, Papadakis et al., 2013; Santamaría et al., 2004).

Ακόμα επιβεβαιώνεται ό,τι η θερμοκρασία επηρεάζει το ρυθμό οντογένεσης του πεπτικού συστήματος. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τη μελέτη των Mello et al. (2022) οι οποίοι εστίασαν στην οντογένεση του πεπτικού συστήματος της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής και απεδείχθη ότι η γρηγορότερη ανάπτυξη των οργάνων επετεύχθη στην υψηλότερη θερμοκρασία, στους 22^{o} C.

Σύμφωνα με την παρούσα μελέτη, το άνοιγμα του πεπτικού καναλιού μέσω του στόματος και της έδρας την 0 ΗΜΕ στο είδος *A. bicinctus*, (Sarasquete et al., 2014), σηματοδοτεί την έναρξη της ανάπτυξης του πεπτικού συστήματος, υποδηλώνοντας την ταχεία προετοιμασία για τη μετάβαση στην εξωγενή διατροφή. Και άλλα συγγενικά είδη ψαριών, συμπεριλαμβανομένων *των A. melanopus, A. percula, A. frenatus, A. nigripes και Premnas biaculeatus*, ανοίγουν το στόμα τους αμέσως μετά την εκκόλαψη (Πίν. 4), αντικατοπτρίζοντας την γρήγορη ανάπτυξη του *A. bicinctus*. Σε ψάρια που αποτελούν τα κυριότερα είδη εκτροφής της μεσογειακής υδατοκαλλιέργειας με σκοπό την παραγωγή τροφίμων, όπως στην τσιπούρα, το φαγκρί και τον κρανιό, το στόμα ανοίγει την 2^{η} ΗΜΕ και την 3^{η} ΗΜΕ σε θερμοκρασία εκτροφής 22^{o} C και 25^{o}C αντίστοιχα (Mello et al., 2022; Khoa et al., 2019; Papadakis et al.,2013).

Η απορρόφηση των λεκιθικών αποθεμάτων και η αντικατάσταση του λεκιθικού σάκου από το ήπαρ παρατηρήθηκε την 0^{η} ΗΜΕ και στις δύο ομάδες εκτροφής.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Αντίστοιχες μελέτες τροπικών ψαριών αποδεικνύουν ό,τι τα λεκιθικά αποθέματα απορροφώνται μεταξύ 1ης και 5ης ΗΜΕ σε θερμοκρασίες εκτροφής από 26°C ως και 30° C.

Πίνακας 4. Χρόνος που ανοίγει το στόμα και απορροφώνται τα λεκιθικά αποθέματα σε διάφορα είδη *Amphiprionidae*

Είδη	**Θερμοκρασία εκτροφής (°C)**	**Άνοιγμα στόματος**	**Απορρόφηση λεκιθικών αποθεμάτων**	**Βιβλιογραφική Αναφορά**
Amphiprion ocellaris	26	0η ΗΜΕ	3η ΗΜΕ	Murray et al., 2023
Amphiprion melanopus	28	0 ΗΜΕ	3η ΗΜΕ	Green and McCormick, 2001
Amphiprion percula	24 - 25	0 ΗΜΕ	3η- 5η ΗΜΕ	Onal et al., 2008
Amphiprion percula	26	0 ΗΜΕ	3η ΗΜΕ	Gordon and Hecht, 2002
Amphiprion frenatus	28 - 29	0 ΗΜΕ	1η ΗΜΕ	Putra et al., 2012
Amphiprion nigripes	26	0 ΗΜΕ	1η ΗΜΕ	Kumar et al., 2012
Dascyllus carneus	27 - 29	2 ΗΜΕ	3η ΗΜΕ	Anzeer et al., 2019
Premnas biaculeatus	28 - 30	0 ΗΜΕ	1η ΗΜΕ	Roy et al., 2014

Ομοίως, την ΗΜΕ 0, εμφανίστηκαν και οι γευστικοί κάλυκες στη στοματική κοιλότητα. Οι γευστικοί κάλυκες αυξάνονται σε αριθμό όσο αναπτύσσεται ο οργανισμός και είναι ζωτικής σημασίας για τη διαδικασία αναγνώρισης και επιλογής τροφής (Sarasquete et al., 2014).

Συγκριτικά με άλλα είδη, η εμφάνιση τους είναι ταχύτερη στο είδος *A. bicinctus*. Συγκεκριμένα, εμφανίζονται την 2η ΗΜΕ στη στοματοφαρυγγική κοιολότητα στο είδος *Pseudochromis fridmani* με θερμοκρασία εκτροφής 27-28° C (Chen et al., 2022) ενώ στο είδος *Seriola rivoliana* την 5η ΗΜΕ σε θερμοκρασία 24-25°C (Teles et al., 2017). Στα Μεσογειακά είδη, η ανάπτυξη τους είναι πιο αργή. Ενδεικτικά στον κρανιό (*A. regius*), εμφανίστηκαν την 3η ΗΜΕ (Papadakis et al.,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

2013), την 7η - 8η ΗΜΕ στο μυλοκόπι (*Umbrina cirrosa*) (Papadakis et al., 2009; Zaiss et al., 2006), την 11η ΗΜΕ στο σαργό (*Diplodus puntazzo*) (Micale et al., 2008; Micale & Muglia, 2011), στο λυθρίνι (*Pagellus erythrinus)* την 11η ΗΜΕ, την 14η ΗΜΕ στη συναγρίδα (*Dentex dentex*) όπως και στην σφυρίδα (*Epinephelus marginatus*) αντίστοιχα (Mello et al., 2018).

Τα φαρυγγικά δόντια άρχισαν να αναπτύσσονται νωρίτερα στην ομάδα που προήλθε από τις συνθήκες εκτροφής στους 26ο C συγκριτικά με τους 23ºC, αποδεικνύοντας την επίδραση της θερμοκρασίας στην εμφάνιση τους. Γενικά η εμφάνιση τους και η ταχεία ανάπτυξη τους αποδεικνύει την ικανότητα του είδους για μηχανική επεξεργασία της ζωντανής τροφής που καταναλώνουν, γεγονός που συμβάλλει περαιτέρω στη διαδικασία της πέψης (Luizi et al., 1999).

Συγκριτικά με άλλα είδη, η εμφάνιση των φαρυγγικών δοντιών στο συγκεκριμένο είδος ήταν ταχύτερη και στις δύο θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τους Papadakis et al. (2013) στον κρανιό (*A. regius*) παρατηρήθηκαν την 6η ΗΜΕ, στη συναγρίδα (*Dentex Dentex)* και στο μυλοκόπι (*Umbrina cirrosa)* την 7η (Santamaría et al., 2004; Papadakis et al.,2009) ενώ στη σφυρίδα (*Epinephelus marginatus*) τη 17η ΗΜΕ. Στα είδη *Pseudochromis fridmani* και *Seriola rivoliana* εμφανίζονται για πρώτη φορά στην στοματοφαρυγγικικη κοιλότητα την 10η ΗΜΕ (Chen et al., 2022; Teles et al., 2017).

Στην περιοχή του οισοφάγου, οι διαμήκεις πτυχές του οισοφάγου εμφανίστηκαν άμεσα και ο ρόλος τους σχετίζεται με την ικανότητα μεγέθυνσης του οισοφάγου κατά την πρόσληψη τροφής, συμβάλλοντας στη μετάβαση των σωματιδίων της τροφής στο στομάχι (Diaz et al., 2008). Η παρουσία των βλεννογόνων κυττάρων κατέστη εμφανής και στις δύο ομάδες εκτροφής την ίδια ημέρα που άνοιξε το στόμα και όπως έχει παρατηρηθεί και σε άλλα είδη η εμφάνιση τους πραγματοποιείται το χρονικό διάστημα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

που ανοίγει η στοματική κοιλότητα. Ο συγκεκριμένος τύπος κυττάρων διαθέτει έναν ενεργό ρόλο καθώς προστατεύει τον οργανισμό από μηχανικές βλάβες και βακτηριακές λοιμώξεις ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει την κατάποση της τροφής μέσω της παραγωγής βλέννας(Zaiss et al., 2006; Diaz et al., 2008).

Οι δομές αυτές εμφανίζονται νωρίτερα στο είδος *A.bicinctus* συγκριτικά με πολλά άλλα είδη που έχουν μελετηθεί. Σύμφωνα με τους Chen et al. (2022) στο είδος *Pseudocromis fridmani* τα πρώτα βλεννογόνα κύτταρα αρχίζουν να εμφανίζονται την 2^{η} ΗΜΕ. Στον κρανιό (*Argyrosomus regius*), τα βλεννογόνα κύτταρα και οι πτυχές του οισοφάγου παρατηρήθηκαν την 5^{η} και 3^{η} ΗΜΕ (Papadakis et al., 2013), στο σαργό (*Diplodus puntazzo*), και οι δύο δομές εμφανίστηκαν την 5^{η} ΗΜΕ (Micale et al., 2008; Micale & Muglia, 2011), στο λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*), την 20 ΗΜΕ (Micale & Muglia, 2011) ενώ στη σφυρίδα (*Epinephelus marginatus*), την 11^{η} ΗΜΕ και 13 ΗΜΕ αντίστοιχα (Mello et al., 2018) και στο είδος *Seriola rivoliana* την 5^{η} και 4^{η} ΗΜΕ (Teles et al., 2017).

Η οριοθέτηση του στομάχου ξεκίνησε την 0η ΗΜΕ, με την ανάπτυξη του καρδιακού και του πυλωρικού σφικτήρα που το διαχωρίζουν από τον οισοφάγο και το έντερο αντίστοιχα. Στα μεσογειακά είδη τσιπούρα (*S. aurata*) και κρανιό (*A. regius*) επιτυγχάνεται την 2^{η} και 3^{η} ΗΜΕ, σε θερμοκρασία εκτροφής 22^{o}C και 19-23^{o}C αντίστοιχα (Mello et al., 2022; Papadakis et al., 2013).

Με την εμφάνιση των γαστρικών αδένων σηματοδοτείται η ανάπτυξη ενός λειτουργικού στομάχου (Stroband and Kroon, 1981), και θεωρείται ως καθοριστική στιγμή για τη φυσιολογία της διατροφής των νυμφών που οδηγεί στη μετάβαση από την νυμφική στη νεανική λειτουργία του πεπτικού συστήματος (Kolkovski, 2001; Sarasquete et al., 1995). Η μετάβαση από την ενδοκυτταρική στην εξωκυτταρική

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

εντερική πέψη των τροφών επιτρέπει την πέψη σύνθετων μορίων όπως πρωτεΐνες σε ελεύθερα αμινοξέα, κυρίως υπό τη δράση της πεψίνης σε όξινο περιβάλλον (Segner et. al., 1994). Έτσι, το ψάρι είναι σε θέση να καταναλώσει μια μεγαλύτερη ποικιλία τροφίμων εξασφαλίζοντας στον οργανισμό περισσότερα θρεπτικά ώστε να καλύψει τις ενεργειακές του απαιτήσεις (Zambonino-Infante et al., 2008). Επίσης, η ανάπτυξη και η διαφοροποίηση του στομάχου με την εμφάνιση των γαστρικών αδένων μπορεί αξιοποιηθεί ως δείκτης για την ικανότητα μετάβασης από τη ζωντανή τροφή στην βιομηχανική (Segner et al., 1993).

Η ανάπτυξη των γαστρικών αδένων παρατηρήθηκε την 5η ΗΜΕ στην ομάδα που εκτράφηκε στους 26°C και την 8η ΗΜΕ στην ομάδα των νυμφών που προήλθε από τις συνθήκες εκτροφής στους 23°C υποδηλώνοντας πως ο μεγαλύτερος ρυθμός ανάπτυξης στην υψηλότερη θερμοκρασία επιταχύνει την εμφάνιση τους.

Σε αντίστοιχες έρευνες που μελετώνται τα είδη *Amphiprion ocellatis και Amphiprion percula,* οι γαστρικοί αδένες παρατηρήθηκαν την 6η ΗΜΕ και 5η ΗΜΕ αντίστοιχα, σε θερμοκρασία εκτροφής 26 °C (Murray et al., 2023, Gordon and Hecht., 2002). Σύμφωνα ωστόσο με τους Onal et al. (2008), η ανάπτυξη των γαστρικών αδένων παρατηρήθηκε την 11η ΗΜΕ στο είδος *A. percula*, σε σύστημα εκτροφής με θερμοκρασία 24-25°C αποτέλεσμα που επιβεβαιώνει ότι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατείνουν τη χρονική διάρκεια του αναπτυξιακού προτύπου (Zambonino Infante & Cahu 2001). Ωστόσο, στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) που αποτελεί το χαρακτηριστικότερο είδος εκτροφής της Μεσογειακής υδατοκαλλιέργειας, οι γαστρικοί αδένες παρατηρήθηκαν την 33η ΗΜΕ σε συνθήκες με θερμοκρασία εκτροφής 22° C (Mello et al., 2022) ενώ στον *κρανιό Argyrosomus regious* την 15η ΗΜΕ (Papadakis et al., 2013). Επίσης, σύμφωνα με τους Lois et al. (2020) οι γαστρικοί αδένες πρωτοεμφανίστηκαν στον κέφαλο (*Mugil cephalus)* την 17η ΗΜΕ. Στο σαργό

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Diplodus puntazzo παρατηρήθηκαν την 30η ΗΜΕ, στο λιθρίνι την 28η σε συνθήκες εκτροφής 19–21.5°C (Micale & Muglia, 2011) και στο είδος *Trachinotus ovatus* την 15η ΗΜΕ (27-29ºC) (Ma et al., 2014).

Στην παρούσα μελέτη, αποδεικνύεται πως όταν εμφανίστηκαν οι γαστρικοί αδένες στις νύμφες, διέθεταν παρόμοια συνολικά μήκη, μεταξύ των εκτροφών που στους 23ºC και στους 26ºC. Σε κάθε περίπτωση, το συνολικό μήκος που διαθέτουν οι νύμφες όταν εμφανίζονται οι γαστρικοί αδένες μπορεί να θεωρηθεί ένας αποτελεσματικός δείκτης σταδιακής μετάβασης από τη ζωντανή τροφή στη χορήγηση της ξηρής τροφής (‘’στάδιο αποκοπής’’) (Papadakis et al., 2013). Συνεπώς, ένα επιπρόσθετο κριτήριο στο οποίο μπορούν να στηριχτούν τα πρωτόκολλα σίτισης εκτροφής είναι το μήκος που διαθέτουν οι νύμφες, όταν αρχίζουν να αναπτύσσονται οι γαστρικοί αδένες. Επιπλέον μελέτες σχετικά με την ενζυμική δραστηριότητα των γαστρικών αδένων σε διαφορετικές θερμοκρασίες θα προσφέρει πρόσθετες πληροφορίες για την περαιτέρω βελτιστοποίηση των πρωτοκόλλων εκτροφής (Mello et al., 2022).

Η ανάπτυξη του Y-σχήματος του στομάχου, αυξάνει τη χωρητικότητα για τροφή και σε συνδυασμό με την παρουσία των γαστρικών αδένων, μπορεί να αποτελέσει ένα καθοριστικό σημείο μορφολογικής διαφοροποίησης του πεπτικού συστήματος που μπορεί να αξιοποιηθεί ως δείκτης για τη μετάβαση από τη ζωντανή τροφή στην τεχνητή (Segner et al., 1993). Η γρηγορότερη διαμόρφωση του στους 26ºC υποδεικνύει πως μπορεί να πραγματοποιηθεί νωρίτερα η μετάβαση σε βιομηχανικά παρασκευασμένη ιχθυοτροφή συγκριτικά με την ομάδα εκτροφής στους 23ºC.

Η ταχεία κατάτμηση του εντέρου, μόλις από τη 0 ΗΜΕ, πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της μετάβασης από την ενδογενή φάση σίτισης στην εξωγενή, και

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

συσχετίστηκε χρονικά με το άνοιγμα του στόματος. Ο γρήγορος διαχωρισμός του εντέρου σε μεσαίο και οπίσθιο τμήμα επιτυγχάνεται με τον εντερικό σφικτήρα.

Η ιστολογική ανάλυση έδειξε ότι τα πυλωρικά τυφλά αναπτύχθηκαν νωρίτερα στην υψηλότερη θερμοκρασία εκτροφής. Οι συγκεκριμένες δομές εντοπίζονται πίσω από το στομάχι και βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών (Chen & Zeng, 2021). Στο είδος *Pseudochromis fridmani* δεν ήταν ορατά πριν από την 40η ΗΜΕ (Chen et al., 2022) ενώ στο είδος *Seriola rivoliana* παρατηρήθηκαν την 30η ΗΜΕ (Teles et al., 2017) και στον κρανιό (*A. regius)* την 17η ΗΜΕ (Papadakis et al., 2013).

Στην παρούσα μελέτη, η εμφάνιση των βλεννογόνων κυττάρων στο μέσο τμήμα του εντέρου παρατηρήθηκε νωρίτερα σε σχέση με την εμφάνιση τους στο οπίσθιο τμήμα. Παρόμοια σε ανάλογες μελέτες εμφανίζονται την 11η και 10η ΗΜΕ στο μέσο τμήμα του εντέρου του κρανιού και της τσιπούρας αντίστοιχα (Papadakis et al., 2013;Mello et al., 2022). Τα βλεννογόνα κύτταρα αποτελούν τον κυρίαρχο βλεννογόνο κυτταρικό τύπο στο έντερο. Εντοπίζονται διάσπαρτα ανάμεσα στα εντεροκύτταρα και ο αριθμός τους αυξάνεται προς την έδρα (Μεντέ και Βερίλλης, 2017). Ο ρόλος τους συνίσταται στην προστασία του πεπτικού συστήματος μέσω της παραγωγής βλέννας και πρωτεϊνών που απαιτούνται για την κίνηση και την αποτελεσματική αποβολή του περιεχομένου του εντέρου (Kowalska et al., 2006). Επιπλέον, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανοσία των ψαριών (Matos et al., 2017)

Η γρήγορη αύξηση του μήκους του εντέρου και στις δύο θερμοκρασίες εκτροφής συμβάλλει στην δυνατότητα αύξησης παραμονής της τροφής στο έντερο και στη βελτίωση της πέψης. Η ανάπτυξη των εντερικών λαχνών στο οπίσθιο τμήμα αποδεικνύει την αύξηση της απορροφητικής επιφάνειας του. Το οπίσθιο τμήμα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

αποτελεί ένα ιδιαίτερα λειτουργικό τμήμα κατά τη διάρκεια του νυμφικού σταδίου σχετικά με την ικανότητα απορρόφησης της τροφής. Ο αυξημένος λειτουργικός του ρόλος, αποδεικνύεται από την εμφάνιση των εναποθέσεων λίπους στο συγκεκριμένο τμήμα. Στους 23^{o}C παρατηρήθηκαν την 12^{η} ΗΜΕ ενώ στους 26^{o}C δεν έγιναν ορατά, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι μεταβολικοί ρυθμοί του λίπους ήταν πολύ γρήγοροι λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, στο είδος *A. percula*, εμφανίστηκαν μέχρι την 9^{η} ημέρα (Gordon & Hecht., 2002).

Στο μέσο τμήμα του εντέρου οι εναποθέσεις λίπους εμφανίστηκαν σε δύο περιόδους. Η πρώτη περίοδος εμφάνισης τους ήταν ταχύτερη και συντομότερη στους 26^{o}C (2^{η} – 5^{η} ΗΜΕ) συγκριτικά με τους 23^{o}C (3^{η} -10^{η} ΗΜΕ). Η δεύτερη περίοδος εμφάνισης των εναποθέσεων λίπους ήταν η ίδια και για τις δύο ομάδες εκτροφής (14^{η} -23^{η} ΗΜΕ). Στον κρανιό (*A. regius*) ήταν ορατά μόνο στο διάστημα 16^{η} -20^{η} ΗΜΕ (Papadakis et a., 2013).

Οι εναποθέσεις λίπους είναι αποτέλεσμα της εξωκυτταρικής πέψης του λίπους στο έντερο από τις λιπάσες, της διάχυσης λιπαρών οξέων στα απορροφητικά επιθηλιακά κύτταρα και της ενδοκυτταρικής επανασύνθεσης τριγλυκεριδίων (Loew and Eckman, 1988). Η εμφάνιση τους στο μέσο έντερο συμπίπτει με την εμφάνιση πλήρως ανεπτυγμένων γαστρικών αδένων στο στομάχι, υποδηλώνοντας ότι τα πεπτικά ένζυμα που εκκρίνονται από τους γαστρικούς αδένες προάγουν την εξωκυτταρική πέψη (Gordon and Hecht., 2002). Η μείωση τους αλλά και η διαφοροποίηση του στομάχου και των γαστρικών αδένων συνήθως θεωρούνται ένδειξη μετατόπισης από την ενδοκυτταρική στην εξωκυτταρική πέψη κατά το νυμφικό στάδιο (Chen et al., 2006; Teles et al., 2017; Zaiss et al., 2006). Σε αυτό το στάδιο, θεωρείται ότι διαθέτουν βελτιωμένες πεπτικές ικανότητες ενισχύοντας την αποτελεσματική πέψη της

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

βιομηχανικά παρασκευασμένης τροφής (Gisbert et al., 2004; Rønnestad et al., 2013; Rønnestad et al., 2007; Teles et al., 2017).

Το ήπαρ και το πάγκρεας αναπτύσσονται από κύτταρα μεσοδερμικής προέλευσης (Ostaszewska, 2005) και στην προκειμένη περίπτωση ήταν εμφανή μόλις από την ΗΜΕ 0 και για τις δύο θερμοκρασίες εκτροφής. Η διαφοροποίηση της εξωκρινούς και της ενδοκρινούς μοίρας του παγκρέατος ξεκίνησε ήδη από την ΗΜΕ 0, υποδεικνύοντας την πρώιμη ικανότητα παραγωγής των παγκρεατικών ενζύμων. Η εξωκρινής μοίρα του παγκρέατος εκκρίνει πεπτικά ένζυμα στο έντερο (Ostaszewska, 2005, με την ποσότητα των παγκρεατικών ενζύμων να αυξάνεται με το μέγεθος του οργανισμού (Zambonino Infante and Cahu, 2001). Η μηχανική επεξεργασία του θηράματος από τα φαρυγγικά δόντια, σε συνδυασμό με το παραγωγή ενζύμων από το πάγκρεας, υποδηλώνει ότι η ικανότητα πέψης εξασφαλίζεται κατά την πρώιμη ανάπτυξη του οργανισμού.

Συγκριτικά με άλλα είδη, το πάγκρεας και το ήπαρ ξεκίνησαν να αναπτύσσονται την 2^{η} ΗΜΕ στην τσιπούρα (Mello et al., 2022), στον κέφαλο την 3^{η} και την 1^{η} ΗΜΕ αντίστοιχα (Lois et al., 2020) στον κρανιό την 3^{η} ΗΜΕ (Papadakis et al., 2013) και στο μυλοκόπι την 3^{η} και 2^{η} ΗΜΕ (Papadakis et al., 2009).

Η διαφοροποίηση στην οντογένεση των δομών του πεπτικού συστήματος στο είδος *A. bicinctus* λόγω των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας στο περιβάλλον εκτροφής επηρεάζει τις πρακτικές της υδατοκαλλιέργειας. Επίσης από περιβαλλοντική άποψη, μια υψηλότερη θερμοκρασία μπορεί να θεωρηθεί μια πιθανή αντανάκλαση των επιπτώσεων στις νύμφες από την κλιματική αλλαγή.

Το ήπαρ διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στην ανάπτυξη των νυμφών, όχι μόνο στην παραγωγή χολής αλλά και στο μεταβολικό ρυθμό καθώς αυτό το όργανο

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

αποθηκεύει γλυκογόνο (Hoehne-Reitan και Kjørsvik, 2004) και λιπίδια (Papadakis et al., 2013).

Η μορφολογία του ήπατος, όπως το προφίλ των λιπιδίων, επηρεάζεται άμεσα από τη διαχείριση της σίτισης στο νυμφικό στάδιο. Το πρωτόκολλο σίτισης σχετίζεται άμεσα με τα θρεπτικά συστατικά, το ενεργειακό περιεχόμενο και επηρεάζει άμεσα τη συσσώρευση λιπιδίων στο ήπαρ. Εξάλλου, η μορφολογική ανάλυση του ήπατος μπορεί να αποκαλύψει με ακρίβεια οποιαδήποτε έλλειψη ισορροπίας στη διατροφή καθώς μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί στην εναπόθεση λιπιδίων στα ηπατοκύττατα (Gisbert et al., 2008). Η εναπόθεση λιπιδίων, επηρεάστηκε από το διατροφικό πρωτόκολλο και τη θερμοκρασία καθώς η θερμοκρασία επηρέασε το μέγεθος των νυμφών και έμμεσα ενδεχομένως επηρέασε το βαθμό πρόσληψης τροφής. Το μέγεθος του ψαριού σχετίζεται με το είδος και την ποσότητα τροφής που είναι μεγαλύτερο ή ένα μικρότερο ψάρι μπορεί να καταναλώσει.

Στην ομάδα που εκτράφηκε στους 23°C, τα Rotifers (Τροχόζωα), ενώ χορηγήθηκαν την 0 ΗΜΕ ξεκίνησαν να καταναλώνονται την 3η ΗΜΕ μέχρι και την 9η όπως αποδεικνύεται από την ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου. Την ΗΜΕ 0 οι οργανισμοί τρέφονται από τα αποθέματα του λεκιθικού σάκου γι' αυτό και παρατηρείται μια αύξηση στο ποσοστό του λίπους ως και την 3η ΗΜΕ. Από την 3η ΗΜΕ, που έχουν πλήρως καταναλωθεί τα λεκιθικά αποθέματα, παρατηρείται μια πτωτική τάση του λίπους που ενδεχομένως οφείλεται στο σχετικά χαμηλό ενεργειακό επίπεδο των Rotifers. Αντίστοιχα, οι Papadakis et al. (2013) παρατήρησαν χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια σε προνύμφες κρανιού (*A. regius*) που καταναλώνουν μόνο rotifers τις πρώτες ημέρες της εκτροφής. Την 6η ΗΜΕ ενώ χορηγήθηκαν μικρές ποσότητες Artemia άρχισαν να τις καταναλώνουν την 10η. Από εκεί και έπειτα οι νύμφες ανταποκρίθηκαν αποτελεσματικά στους ναύπλιους Artemia γεγονός που

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ενδεχομένως σχετίζεται με την αυξημένη κινητικότητα των πλαγκτονικών οργανισμών. Ωστόσο σε άλλα είδη, συμπεριλαμβανομένου του κρανιού (*A. regius*) (Papadakis et al., 2013) και του κέφαλου (*Mugil cephalus*) (Loi et al., 2020) η μετάβαση από τα rotifers στην Artemia επιφέρει πιο έντονη αύξηση του λίπους στο ήπαρ. Από την 10η ημέρα και μετά που χορηγείται και καταναλώνεται αποκλειστικά Artemia, το ποσοστό λίπους σημείωσε σημαντική αύξηση λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε λιπίδια της εμπλουτισμένης Artemia. Το ποσοστό λίπους συνέχισε να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα με μια αμελητέα μείωση από τη 12η μέχρι τη 17η ΗΜΕ. Την 19η αλλά και την 23η ΗΜΕ υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στο ποσοστό λίπους του ήπατος καθώς η τυπική απόκλιση εμφανίζεται ιδιαίτερα υψηλή, γεγονός που ενδέχεται να υποδηλώνει κάποια μορφή διατροφικής καταπόνησης για το είδος *A. bicinctus*. Είναι πιθανόν κάποια άτομα του πληθυσμού να βρισκόντουσαν ακόμα σε φάση προσαρμογής και να αδυνατούσαν να πέψουν την Artemia επειδή οι γαστρικοί αδένες ενώ είχαν ήδη αναπτυχθεί, δεν είχαν καταστεί πλήρως λειτουργικοί. Σε γενικές γραμμές, τις τελευταίες ημέρες της εκτροφής, η εναπόθεση των λιπιδίων στο ήπαρ είναι υψηλότερη από τις πρώτες ημέρες, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους των ψαριών που συνεπάγεται με υψηλότερη ποσότητα κατανάλωσης τροφής.

Για την ομάδα που προήλθε από την εκτροφή στους 26°C παρατηρήθηκε ένα αντίστοιχο μοτίβο με τους 23°C. Ενώ το λίπος αρχικά παρουσίασε άνοδο, την 2η ΗΜΕ που είχαν πλήρως αφομοιωθεί τα υψηλού ενεργειακού περιεχομένου λεκιθικά αποθέματα και οι νύμφες τρέφονταν αποκλειστικά με Rotifers σημειώθηκε μείωση των λιπιδίων στο συκώτι. Η περίοδος κατανάλωσης της Artemia (9η ΗΜΕ) οδήγησε σε αυξημένη εναπόθεση λιπιδίων στο συκώτι όπως ήταν αναμενόμενο καθώς θεωρείται μια υψηλή ενεργειακή πηγή συγκριτικά με τα rotifers. Η εναπόθεση λιπιδίων συνέχιζε να εμφανίζει ανοδική τάση μέχρι και τη 16η ΗΜΕ που εμφάνισε μια μείωση περίπου

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

10% μέχρι και την 20η ΗΜΕ και από τότε μέχρι το τέλος της εκτροφής αυξήθηκε ξανά. Αυτό που αποδεικνύεται και στη συγκεκριμένη εκτροφή είναι ότι τα λιπίδια του ήπατος διατηρούνται υψηλά τις τελευταίες ημέρες συγκριτικά με τις αρχικές ημέρες εκτροφής.

Η εναπόθεση των λιπιδίων στο ήπαρ μπορεί να συσχετιστεί με τον υψηλότερο βαθμό πρόσληψης λιπιδίων κατά τη σίτιση (Sargent et al., 2002). Η θερμοκρασία αποτελεί τον σημαντικότερο αβιοτικό παράγοντα που επηρεάζει τη φυσιολογία και το μεταβολισμό των λιπιδίων στους τελεόστεους (Tocher, 2003). Τα ψάρια μπορούν να παρουσιάσουν διαφορετική ενεργειακή ζήτηση όταν εκτρέφονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και όταν εκτίθενται σε ένα ανεκτό θερμοκρασιακό εύρος καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για να καλύψουν τις απαιτήσεις συντήρησης και να αποθηκεύσουν την περίσσεια ενέργεια που δεν μεταβολίζεται (Turchin et al., 2009).

Στην παρούσα έρευνα, αποδεικνύεται πως το λίπος στο συκώτι παρουσίασε υψηλότερες τιμές στους 26ºC συγκριτικά με τους 23ºC. Οι εναποθέσεις λίπους στους 26ºC διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα χωρίς απότομες αυξομειώσεις. Η θερμοκρασία των 26ºC είναι καταλληλότερη και δεν επιφέρει κάποιου είδους διατροφική καταπόνηση στον οργανισμό. Αντίστοιχες έρευνες που αφορούν σε άλλα είδη, αποδεικνύουν ό,τι η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται με τις αυξημένες τιμές λίπους στα ηπατοκύτταρα. Ενδεικτικά, τα ιχθύδια του είδους *Seriola lalandi*, όταν εκτίθενται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, παρουσίασαν υψηλότερη πρόσληψη λιπιδίων, γεγονός που οδήγησε σε αυξημένο ποσοστό τριγλυκεριδίων στο συκώτι συγκριτικά με τα ψάρια που εκτρέφονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (Liu et al., 2021). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Mello et al. (2022) καθώς παρουσιάστηκε υψηλότερη εναπόθεση λιπιδίων στα ηπατοκύτταρα στην εκτρεφόμενη τσιπούρα στους 22º C, συγκριτικά με τους 16º C (Mello et al., 2022). Αντίστοιχα, στο είδος *Morone saxatilis*, η αύξηση της θερμοκρασίας οδήγησε σε αυξημένη εναπόθεση

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

λιπιδίων στα ηπατοκύτταρα (Araujo et al., 2021). Αντίθετα στο σολομό (*Salmon salar*), η χαμηλότερη θερμοκρασία επέφερε υψηλότερη συσσώρευση λίπους στο συκώτι (Ruyter et al., 2006).

Στην παρούσα έρευνα, η εκτροφή στους 29^{o}C και η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη και τη φυσιολογία των νυμφών δεν εξετάστηκε περαιτέρω. Για το είδος που μελετάται, το βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται από 25-28^{o} C. Με την άνοδο της θερμοκρασίας αν και δεν παρεκκλίνει ιδιαίτερα από το βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος, ενδεχομένως να επηρεάζεται η αναπαραγωγική ικανότητα των οργανισμών. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να επιβεβαιώσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθώς η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας τα επόμενες δεκαετίες απειλεί τους οργανισμούς, με τα είδη των κοραλλιογενών υφάλων να καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτα στην υπερθέρμανση των ωκεανών (Smale et al., 2019). Αυτό έχει αποδειχθεί σε προηγούμενες μελέτες, καθώς οι αυξημένες θερμοκρασίες οδήγησαν σε αρνητικές επιπτώσεις στη φυσιολογία (Rummer et al., 2014), τη συμπεριφορά (Biro et al., 2010; Malavasi et al., 2013) και την αναπαραγωγική απόδοση (Miller et al., 2015).

Το είδος *A. bicinctus* εντοπίζεται στην Ερυθρά θάλασσα και οι θερμοκρασιακές τιμές διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα. Ήδη η θερμοκρασία στην Ερυθρά θάλασσα, έχει σημειώσει μια ανοδική τάση την τελευταία τετραετία. Σε γενικές γραμμές η θερμοκρασία κυμαίνεται από 22 - 26^{o}C τους χειμερινούς μήνες και από 25 - 32^{o}C τους θερινούς μήνες (seatemperature.info). Η προβλεπόμενη αύξηση κατά +3^{o} C βαθμούς μέχρι το 2100 (IPCC, 2021) θα επηρεάσει τους υδρόβιους οργανισμούς της Ερυθράς θάλασσας συμπεριλαμβανομένου του είδους *A. bicinctus*.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Έρευνες που αξιολογούν τον αντίκτυπο της μελλοντικής υπερθέρμανσης στα ψάρια-κλόουν αποδεικνύουν ότι η απόκριση θα είναι πολύπλοκη και θα εξαρτηθεί από τη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι νεαρά ιχθύδια του είδους *A. ocellaris* βιώνουν θερμική καταπόνηση στους 30°C. Από την άλλη, μελέτες δείχνουν ότι ούτε ο δείκτης σωματικής κατάστασης ούτε η επιβίωση επηρεάζονται αρνητικά από τους 30ºC (Madeira et al., 2017a; Evangelista et al., 2020). Ταυτόχρονα, τα νεαρά ιχθύδια A. *ocellaris* παρουσιάζουν αυξημένη θνησιμότητα (Madeira et al., 2021) στους 32°C. Ταυτόχρονα, οι McLeod et al. (2013) έδειξαν ότι το *A. percula* έχει αυξημένη διάρκεια πελαγικού προνυμφικού σταδίου (PLD), μειωμένους ρυθμούς ανάπτυξης και υψηλότερους μεταβολικούς ρυθμούς στους 32,2 °C. Ωστόσο, οι παρατηρήσεις βραδύτερης ανάπτυξης/μεγαλύτερης PLD έρχονται σε αντίθεση με την πρόβλεψη ταχύτερης ανάπτυξης/μικρότερης PLD σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Raventos et. al., 2021, O'Connor et al., 2007).

Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα που προκύπτουν, καθιστούν αναγκαία τη διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών για την επίδραση της θερμοκρασίας στις προνύμφες των ψαριών κλόουν συμπεριλαμβανομένου του είδους *A. bicinctus* και για την αντίδραση τους στην υπερθέρμανση των ωκεανών.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας η παρούσα μελέτη, εστιάζει στις επιπτώσεις της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη, στους ρυθμούς οντογένεσης του πεπτικού συστήματος και στην εναπόθεση λιπιδίων στο συκώτι στο είδος *A. bicinctus*. Η καταλληλότερη θερμοκρασία για την εκτροφή των προνυμφών κατά τις πρώτες 23 ΗΜΕ της ανάπτυξης του, είναι η θερμοκρασία των 26°C καθώς η απόδοση ανάπτυξης είναι υψηλότερη, παρατηρούνται αυξημένοι ρυθμοί οντογένεσης του πεπτικού συστήματος παρέχοντας την ικανότητα γρήγορης προετοιμασίας, σύλληψης, πέψης και αφομοίωσης των τροφών που περιλαμβάνονται στο πρωτόκολλο σίτισης. Επιπλέον, τα επίπεδα στα οποία διατηρούνται οι εναποθέσεις λίπους στο συκώτι στους 26ºC είναι ιδανικά και δεν επιφέρουν στρες ή διατροφική καταπόνηση στις νύμφες.

Το είδος *A. bicinctus* κατά την πρώιμη ανάπτυξη του, αποτελεί ένα ταχέως αναπτυσσόμενο είδος, που αναπτύσσει με ραγδαίους ρυθμούς τις δομές και τα βασικά όργανα του πεπτικού συστήματος που απαιτούνται για να ξεπεραστούν με επιτυχία τα κρίσιμα στάδια της εκτροφής των προνυμφών, αποτελώντας ένα σημαντικό πλεονέκτημα για έναν εκτρεφόμενο οργανισμό και καθιστώντας το *A. bicinctus* ένα πολλά υποσχόμενο είδος στην υδατοκαλλιέργεια των διακοσμητικών ειδών.

Η μελέτη της οντογένεσης του πεπτικού συστήματος του είδους *A. bicinctus* σε σχέση με τη μέθοδο εκτροφής, κρίνεται απαραίτητη, για την εξασφάλιση της βέλτιστης εκτροφής των προνυμφών, προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα με κυριότερα την υψηλότερη επιβίωση, την ευζωία, τα μειωμένα ποσοστά κανιβαλισμού και σκελετικών δυσμορφιών και το χαμηλότερο κόστος (Garcia-Ortega et al., 2003; Hamlin et al., 2000). Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει προηγούμενες έρευνες, σύμφωνα με τις οποίες οι αλλαγές στην εναπόθεση λιπιδίων στο ήπαρ μπορούν να αξιοποιηθούν

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ως ακριβείς και γρήγοροι δείκτες για την αξιολόγηση της σίτισης και την υπόδειξη κρίσιμων περιόδων ή περιόδων υποσιτισμού κατά τα νυμφικά στάδια. Η αξιολόγηση της περιεκτικότητας του ήπατος σε λίπος, στην υδατοκαλλιέργεια διακοσμητικών ειδών μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βελτίωση των νυμφικών πρωτοκόλλων εκτροφής και την ενίσχυση της αποδοτικότητας της παραγωγής.

Συμπληρωματικά με τη μελέτη της οντογένεσης, κρίνεται σκόπιμο να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες που να εστιάσουν στη λειτουργικότητα των δομών και των οργάνων του πεπτικού συστήματος δίνοντας έμφαση στη φυσιολογία της πέψης και στα πεπτικά ένζυμα που παράγονται, αλλά και σε άλλες διεργασίες που συνδέονται με την πρόσληψη της τροφής συμπεριλαμβανομένων της όρασης, της όσφρησης και της γεύσης συμβάλλοντας στη βελτιστοποίηση της παραγωγής.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βερίλης Π., Μεντέ Ε. (2017) Ιστοφυσιολογία ιχθύων και καρκινοειδών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος, σελ:173-183

Μεντέ, Ε., Νέγκας, Ι. (2014) Στοιχεία Φυσιολογίας Θρέψης και Εφαρμοσμένη Διατροφή Ιχθύων και Καρκινοειδών. Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 384.

Παπουτσόγλου, Σ.Ε (2008). Διατροφή Ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Aidos, L., Cafiso, A., Bertotto, D., Bazzocchi, C., Radaelli, G., & di Giancamillo, A. (2020). How different rearing temperatures affect growth and stress status of Siberian sturgeon Acipenser baerii larvae. Journal of Fish Biology, 96(4), 913–924.

Aljehani, F., N'Doye, I., Justo, M. S., Majoris, J. E., Berumen, M. L., & Laleg-Kirati, T.-M. (2021). Spatial Distribution Patterns of Clownfish in Recirculating Aquaculture Systems.

Allan, B. J. M., Browman, H. I., Shema, S., Skiftesvik, A. B., Folkvord, A., Durif, C. M. F., & Kjesbu, O. S. (2022). Increasing temperature and prey availability affect the growth and swimming kinematics of Atlantic herring (Clupea harengus) larvae. *Journal of Plankton Research, 44*(3), 401–413.

Anikuttan, K. K., Tamilmani, G., Madhu, K., Rameshkumar, P., Sakthivel, M., Johnson, B., & Bavithra, R. (n.d.). Marine Ornamental Fish Production for Economic Empowerment.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Anzeer, F.M., Aneesh, K.S., Abraham, M.V., Darsana, S., Santhosh, B., Anil, M.K., Gopalakrishnan, A., Udayakumar, A., Kingsly, H.J., Unnikrishnan, C., et al. (2019). Breeding, early development and larval rearing of cloudy damsel, *Dascyllus carneus* Fischer, 1885. Aquaculture 505, 374–385.

Asgari, R., Rafiee, G., Eagderi, S., Shahrooz, R., Poorbagher, H., Agh, N., & Gisbert, E. (2014). Ontogeny of the digestive system in hatchery produced Beluga (Huso huso Linnaeus, 1758); a comparative study between Beluga and genus Acipenser. Aquaculture Nutrition, 20(6), 595–608.

Buston PM, García MB. (2007). An extraordinary life span estimate for the clown anemonefish Amphiprion percula. Journal Fish Biology 70(6): 1710–1719.

Bennett, H. S., Wyrick, A. D., Lee, S. W., & McNeil, J. H. (1976). Science and art in preparing tissues embedded in plastic for light microscopy, with special reference to glycol methacrylate, glass knives, and simple stains. Stain Technology, *51*, 71–94.

Bennett-Smith, M. F., Majoris, J. E., Titus, B. M., & Berumen, M. L. (2021). Clownfish hosting anemones (Anthozoa, Actiniaria) of the Red Sea: new associations and distributions, historical misidentifications, and morphological variability. Marine Biodiversity Records, 14(1).

Barbasch, T. A., Rueger, T., Srinivasan, M., Wong, M. Y. L., Jones, G. P., & Buston, P. M. (2020). Substantial plasticity of reproduction and parental care in response to local resource availability in a wild clownfish population. Oikos, 129, 1844–1855.

Branconi, R., Barbasch, T. A., Francis, R. K., Srinivasan, M., Jones, G. P., & Buston, P. M. (2020). Ecological and social constraints combine to promote evolution of non-breeding strategies in clownfish. Communications Biology, *3*(1), 649.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Biondo, M.V.; Burki, R.P. (2019). Monitoring the trade in marine ornamental fishes through the European Trade Control and Expert System TRACES: Challenges and possibilities. Mar. Policy, 108, 103620.

Caballero, M. J., Lopez-Calero, G., Socorro, J., Roo, F. J., Izquierdo, M. S., & Fernandez, A. J. (1999). Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*).Aquaculture, 179

Cañedo-Orihuela, H., González-Félix, M. L., & Perez-Velazquez, M. (2023). Maturation, reproduction, and larval culture of pomacentrids for the ornamental fish trade: successes and challenges. In Reviews in Fish Biology and Fisheries. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.

Castro-Ruiz, D., Mozanzadeh, T., Fernández-Méndez, C., Andree, K. B., García-Dávila, C., Cahu, C., Gisbert, E., & Darias, M. J. (2019). Ontogeny of the digestive enzyme activity of the Amazonian pimelodid catfish Pseudoplatystoma punctifer (Castelnau, 1855). *Aquaculture*, *504*.

Chen, B. N., Qin, J. G., Kumar, M. S., Hutchinson, W., & Clarke, S. (2006). Ontogenetic development of the digestive system in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* larvae. Aquaculture, *256*, 489–501.

Chen JY, Zeng C, Jerry DR, Cobcroft JM .(2020). Recent advances of marine ornamental fish larviculture: broodstock reproduction, live prey and feeding regimes, and comparison between demersal and pelagic spawners. Review Aquaculture 12:1518–1541.

Chen, J.Y., Zeng, C., Cobcroft, J.M. (2021). Digestive system ontogeny and the effects of weaning time on larval survival, growth and pigmentation development of orchid dottyback Pseudochromis fridmani. Aquaculture 549, 737737.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Chen, J. Y., Zeng, C., & Cobcroft, J. M. (2022). Digestive system ontogeny and the effects of weaning time on larval survival, growth and pigmentation development of orchid dottyback Pseudochromis fridmani. *Aquaculture*, *549*.

Cominassi, L., Moyano, M., Claireaux, G., Howald, S., Mark, F. C., Zambonino-Infante, J. L., le Bayon, N., & Peck, M. A. (2019). Combined effects of ocean acidification and temperature on larval and juvenile growth, development and swimming performance of European sea bass (Dicentrarchus labrax). *PLoS ONE 14*(9).

Diaz, A. O., García, A. M., Figueroa, D. E., & Goldemberg, A. L. (2008). The mucosa of the digestive tract in Micropogonias furnieri: a light and electron microscope approach. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, *37*, 251–256.

Espirito Santo, A. H., de Alba, G., Reis, Y. da S., Costa, L. S., Sánchez-Vázquez, F. J., Luz, R. K., Ribeiro, P. A. P., & López-Olmeda, J. F. (2020). Effects of temperature regime on growth and daily rhythms of digestive factors in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) larvae. *Aquaculture*, *528*.

Evangelista, I.R., dos Santos, L.N., dos Santos, A.F.G.N. (2020). Influence of salinity, temperature and photoperiod on eye asymmetry of Amphirion ocellaris larvae. Aquaculture 521, 734976.

Fey, D. P., & Greszkiewicz, M. (2021). Effects of temperature on somatic growth, otolith growth, and uncoupling in the otolith to fish size relationship of larval northern pike, Esox lucius L. *Fisheries Research*, *236*.

Frolicher, T.L., Fischer, E.M., Gruber, N. (2018). Marine heatwaves under global warming. Nature 560, 360–364.

Garcia-Ortega, A., Abdo, I., Hernandez, C. (2003). Weaning of bullseye puffer (Sphoeroides annulatus) from live food to microparticulate diets made with decapsulated cysts of Artemia and fishmeal. Aquaculture International 11, 183–194.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Gendron, M. E., & Buston, P. M. (2023). Review of housing and husbandry of anemonefishes for use in research. *Journal of Fish Biology*.

Gisbert , E. , Piedrahita , R.H. , and Conklin , D.E. (2004a). Ontogenetic development of the digestive system in California halibut (*Paralichthys californicus*) with notes on feeding practices .*Aquaculture* 232, (1 – 4): 455 – 470 .

Gisber, E., Ortiz-Delgado, J.B., Sarasquete, C. (2008). Nutritional cellular biomarkers in early life stages of fish. Histology and Histopathology 23, 1525–1539.

Green, B.S., McCormick, M.I. (2001)Ontogeny of the digestive and feeding systems in the anemonefish Amphiprion melanopus. Environmental Biology of Fishes, 61, 73–83.

Hamlin, H. J., von Herbing, I. H., & Kling, L. J. (2000). Histological and morphological evaluations of the digestive tract and associated organs of haddock throughout posthatching ontogeny. *Journal of Fish Biology*, *57*, 716–732.

He, S., & Berumen, M. L. (2023). Egg development and hatching in two Red Sea damselfishes. Frontiers in Marine Science, 10.

Hoehne - Reitan , K. , and Kjrsvik , E. (2004). Functional development of the liver and exocrine pancreas in teleost fi sh . In: Govoni , J.J. (ed.) The Development of Form and Function in Fishes and the Question of Larval Adaptation . American Fisheries Society, Symposium 40. American Fisheries Society , Bethseda, MD , pp. 9 – 36 .

Hoseinifar, S. H., Maradonna, F., Faheem, M., Harikrishnan, R., Devi, G., Ringø, E., van Doan, H., Ashouri, G., Gioacchini, G., & Carnevali, O. (2023). Sustainable Ornamental Fish Aquaculture: The Implication of Microbial Feed Additives. In *Animals* (Vol. 13, Issue 10).

Howald, S., Moyano, M., Crespel, A., Cominassi, L., Claireaux, G., Peck, M.A., Mark, F.C.,2022. TransgenerationalEffects Decrease Larval Resilience to Ocean

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Acidification & Warming but JuvenileEuropean Sea Bass Could Benefit From Higher Temperatures in the NE Atlantic. bioRxiv.

Huang, J., Borensztajn, J., & Reddy, J. K. (2011). Hepatic lipid metabolism.In: S. Monga (Ed.), *Molecular Pathology of Liver Diseases. Molecular Pathology Library, 5*. Springer.

Hughes, T.P., Kerry, J.T., Alvarez-Noriega, M., Alvarez-Romero, J.G., Anderson, K.D., Baird, A.H., Babcock, R.C., Beger, M., et al (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature 543, 373–377.

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Justo, M. (2021). A detailed morphological, behavioural, and genetic characterizationof the larval phase of the Red Sea clownfish*, Amphiprion bicinctus*.

Kamler, E. (2002). Ontogeny of yolk-feeding ish: an ecological perspective .*Review in Fish Biology and Fisheries*, *12*, 79–103.

Khoa, T. N. D., Waqalevu, V., Honda, A., Shiozaki, K., & Kotani, T. (2019). Early ontogenetic development, digestive enzymatic activity and gene expression in red sea bream (Pagrus major). *Aquaculture*, *512*.

Komoundouros, G., Divanach, P., Anezaki, L., & Kentouri, M. (2001). Temperature-induced ontogenetic plasticity in seabass (*Dicentrachus labrax*). *Marine Biology*, *139*, 817–830.

Leal MC, Vaz MCM, Puga J, Rocha RJM, Brown C, Rosa R et al. (2015) Marine ornamental fish imports in the European Union: an economic perspective. Fish and Fisheries 17: 459–468.

Lipscomb, T. (2020). Using Larval Digestive System Ontogeny to Inform Larviculture Protocols in Freshwater Ornamental Fishes.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Liu, A., Pirozzi, I., Codabaccus, B. M., Sammutm, J., & Booth, M. (2021). The interactive efect of dietary choline and water temperature on the liver lipid composition, histology, and plasma biochemistry of juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, *531*, 735893

Loi, B., Papadakis, I. E., Leggieri, F., Papiol, G. G., & Vallainc, D. (2020). Ontogeny of the digestive system and eye of reared flathead grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), and evaluation of lipid deposition in the liver according to the feeding protocol. *Aquaculture*, *526*, e735386.

Ma, Z., Zheng, P., Guo, H., Zhang, N., Wang, L., Jiang, S., Zhang, D., 2015. Effect of weaning time on the performance of *Trachinotus ovatus* (Linnaeus 1758) larvae. Aquac. Nutr. 21, 670–678. Madhu, K., Madhu, R., Krishnan, L., Sasidharan, C.S., Venugopalan, K.M., CMFRI,

K.(2006). Spawning and larval rearing of Amphiprion ocellaris under captive condition. Marine Fisheries Information Service Technical & Extension Series, 188, 1–5.

Madhu, R., Madhu, K., Retheesh, T.(2012). Life history pathways in false clown *Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830: a journey from egg to adult under captive condition. Marine Biological Association of India 54, 77–90.

Madeira, C., Madeira, D., Diniz, M.S., Cabral, H.N., Vinagre, C. (2017a). Comparing biomarkerresponses during thermal acclimation: a lethal vs non-lethal approach in a tropical reef clownfish. Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 204, 104–112.

Madeira, C., Madeira, D., Ladd, N., Schubert, C.J., Diniz, M.S., Vinagre, C., Leal, M.C., 2021. Conserve fatty acid profiles and lipidmetabolic pathways in a tropical reef fish exposed to ocean warming–An adaptation mechanism of tolerant species? Sci. Total Environ. 782, 146738.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Malavasi, S., Cipolato, G., Cioni, C., Torricelli, P., Alleva, E., Manciocco, A., Toni, M., Fusani, L. (2013). Effects of temperature on the antipredator behaviour and on the cholinergic expression in the European Sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles. Ethology 119, 592–604.

Marcionetti, A., Rossier, V., Roux, N., Salis, P., Laudet, V., & Salamin, N. (2019). *Insights into the Genomics of Clownfish Adaptive Radiation: Genetic Basis of the Mutualism with Sea Anemones*.

McLeod, I., McCormick, M., Munday, P., Clark, T., Wenger, A., Brooker, R., Takahashi,M.,Jones,G.,(2015). Latitudinal variation in larval development of coral reef fishes: implications of a warming ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 521, 129–141.

Matos, L. V., Oliveira, M. I. B., Gomes, A. L. S., & Silva, G. S. (2017). Morphological and histochemical changes associated with massive infection by Neoechinorhynchus buttnerae (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in the farmed freshwater fish Colossoma macropomum Cuvier, 1818 from the Amazon State, Brazil. Parasitology Research, 116, 1029–1037.

McLeod, I.M., Rummer, J.L., Clark, T.D., Jones, G.P., McCormick,M.I.,Wenger, A.S.,Munday, P.L.(2013). Climate change and the performance of larval coral reef fishes: the interaction between temperature and food availability. ConservationPhysiology 1.

Mello, P. H., Araújo, B. C., Campos, M. F., Rodrigues-Filho, J. A., Garcia, C. E. O., & Moreira, R. G. (2018). Embryonic and larval development and fatty acid profile of *Epinephelus marginatus* spawned in captivity: Tools applied to captive rearing. *Journal of Fish Biology*, *92*, 1126–1148.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Miller, G., Kroon, F., Metcalfe, S., Munday, P.(2015). Temperature is the evil twin: effects of increased temperature and ocean acidification on reproduction in a reef fish. Ecol. Appl. 25, 603–620.

Moore, B., Jolly, J., Izumiyama, M., Kawai, E., Ryu, T., & Ravasi, T. (2023). Clownfish larvae exhibit faster growth, higher metabolic rates and altered gene expression under future ocean warming. *Science of the Total Environment*, *873*.

Munday, P.L., Leis, J.M., Lough, J.M., Paris, C.B., Kingsford, M.J., Berumen,M.L., Lambrechts, J.(2009). Climate change and coral reef connectivity. Coral Reefs 28, 379–395.

Murray JM, Watson GJ, Giangrande A, Licciano M, Bentley MG (2012) Managing the marine aquarium trade: revealing the data gaps using ornamental polychaetes. PLoS ONE 7: e29543.

Murray, C. A., Markham, O. I., Hutchins, S. W., & DiMaggio, M. A. (2023). Characterizing the gastrointestinal development and digestive enzyme ontogeny of larval Amphiprion ocellaris. *Aquaculture*, *563*.

Nguyen, H.T.T., Tran, A.N.T., Ha, L.T.L., Ngo, D.N., Dang, B.T., Geffen, A.J. (2019a.). Host choice and fitness of anemonefish Amphiprion ocellaris (Perciformes: Pomacentridae) living with host anemones (Anthozoa: Actiniaria) in captive conditions. J. Fish Biol. 94, 937–947.

Onal, U., Langdon, C., Çelik, I., (2008). Ontogeny of the digestive tract of larval percula clownfish, Amphiprion percula (Lac´ep`ede 1802): a histological perspective. Aquaculture Research 39, 1077–1086.

Oppenheim, N. G., Wahle, R. A., Brady, D. C., Goode, A. G., & Pershing, A. J. (2019). The cresting wave: larval settlement and ocean temperatures predict change in the American lobster harvest. *Ecological Applications*, *29*(8).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Ostaszewska, T. (2005). Developmental changes of digestive system structures in pikeperch (Sander lucioperca L). Electronic Journal of Ichthyology 2, 65–78.

Ortiz-Delgado, J.B., Darias, M.J., Canavate, J.P., Yufera, M., Sarasquete, C. (2003). Organogenesis of the digestive tract in the white seabream, Diplodus sargus. Histological and histochemical approaches. Histology and Histopathology 18, 1131–1140.

Olivotto, Ike, Di Stefano, Michele, Rosetti, Silvestro, Cossignani, Lina, Pugnaloni, Armanda, Giantomassi, Federica, Carnevali, Oliana (2011). Live prey enrichment, with particular emphasis on HUFAs, as limiting factor in false percula clownfish (*Amphiprion ocellaris*, Pomacentridae) larval development and metamorphosis: Molecular and biochemical implications. Comparative Biochemistry and Physiology Part A 159 (3), 207–218.

Olivotto, I., & Geffroy, B. (2017). Clownfish. In *Marine Ornamental Species Aquaculture* (pp. 177–199). Wiley.

O'Connor, M.I., Bruno, J.F., Gaines, S.D., Halpern, B.S., Lester, S.E., Kinlan, B.P., Weiss, J.M. (2007). Temperature control of larval dispersal and the implications for marine ecology, evolution, and conservation. Proceedings of the National Academy of Sciences 104, 1266–1271.

Palmtag, M. (2017). The marine ornamental species trade. In: Calado, R., Olivotto, I., Oliver, P., Holt, J. (Eds.), Marine Ornamental Species Aquaculture. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 3–14.

Papadakis, I. E., Kentouri, M., Divanach, P., & Mylonas, C. C. (2013). Ontogeny of the digestive system of meagre Argyrosomus regius reared in a mesocosm, and quantitative changes of lipids in the liver from hatching to juvenile. *Aquaculture*, *388–391*(1), 76–88.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Papadakis, I. E., Zaiss, M. M., Kyriakou, Y., Georgiou, G., Divanach, P., & Mylonas, C. C. (2009). Histological evaluation of the elimination of *Artemia* nauplii from larval rearing protocols on the digestive system ontogeny of shidrum (*Umbrina cirrosa* L). Aquaculture, 286, 45–52.

Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E., Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. Aquaculture 250, 155–161.

Pham, L. P., Nguyen, M. v., Jordal, A. E. O., & Rønnestad, I. (2022). Metabolic rates, feed intake, appetite control, and gut transit of clownfish *Amphiprion ocellaris* exposed to increased temperature and limited feed availability. Comparative Biochemistry and Physiology -Part A : Molecular and Integrative Physiology, 274.

Planas Oliver, M., & Joan Holt, G. (2017). Marine Ornamental Species Aquaculture.

Pimentel, M.S., Faleiro, F., Machado, J., Pousão-Ferreira, P., Rosa, R. (2020). Seabream larval physiology under ocean warming and acidification. Fishes 5, 1.

Pouil, S., Tlusty, M. F., Rhyne, A. L., & Metian, M. (2020). Aquaculture of marine ornamental fish: overview of the production trends and the role of academia in research progress. In *Reviews in Aquaculture* (Vol. 12, Issue 2, pp. 1217–1230). Wiley-Blackwell.

Prakoso, V. A., Pouil, S., Prabowo, M. N. I., Sundari, S., Arifin, O. Z.,Subagja, J., Affandi, R., Kristano, A. H., & Slembrouck, J. (2019). Effects of temperature on the zootechnical performances and physiology of giant gourami (*Osphronemus goramy*) larvae. *Aquaculture*, *510*, 160–168.

Putra, D.F., Abol-Munafi, A.B., Muchlisin, Z.A., Chen, J.C.(2012). Preliminary studies on morphology and digestive tract development of tomato clownfish, Amphiprion frenatus under captive condition. AACL Bioflux 5, 29–35.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Qu, M., Ding, S., Xu, X., Shen, M., You, Y., Su, Y., 2012. Ontogenetic development of the digestive system and growth in coral trout (*Plectropomus leopardus*). Aquaculture 334–337, 132–141.

Rankin, T. L., & Sponaugle, S. (2011). Temperature influences selective mortality during the early life stages of a coral reef fish. *PLoS ONE*, *6*(5).

Raventos, N., Torrado, H., Arthur, R., Alcoverro, T., Macpherson, E. (2021). Temperature reduces fish dispersal as larvae grow faster to their settlement size. J. Anim. Ecol. 90,1419–1432.

Robitzch, V.S., Lozano-Cortés, D., Kandler, N.M., Salas, E., Berumen, M.L. (2016). Productivity and sea surface temperature are correlated with the pelagic larval duration of damselfishes in the Red Sea. Mar. Pollut. Bull. 105, 566–574.

Rhyne, A.L., Tlusty, M.F., Schofield, P.J., Kaufman, L., Morris, J.A., Bruckner, A.W. (2012). Revealing the appetite of the marine aquarium fish trade: the volume and biodiversity of fish imported into the united states. PLoS One 7.

Rhyne AL, Tlusty MF, Kaufman L (2014) Is sustainable exploitation of coral reefs possible? A view from the standpoint of the marine aquarium trade. Current Opinion in Environmental Sustainability 7: 101–107.

Rhyne, A.L., Tlusty, M.F., Szczebak, J.T., Holmberg, R.J. (2017). Expanding our understanding of the trade in marine aquarium animals.

Ronnestad, I., Yúfera, M., Ueberschar, B., Ribeiro, L., Saele, O., & Boglione, C. (2013). Feeding behavior and digestive physiology in larval fish: Current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. *Reviews in Aquaculture*, *1*, 559–598.

Roux, N., Salis, P., Lambert, A., Logeux, V., Soulat, O., Romans, P., Fr´ed´erich, B., Lecchini, D., Laudet, V. (2019). Staging and normal table of postembryonic development of the clownfish (Amphiprion ocellaris). Dev. Dyn. 248, 545–568.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Roux, N., Salis, P., Lee, S.H., Besseau, L., Laudet, V.(2020). Anemonefish, a model for Eco-Evo-Devo. Evodevo 11, 1–11.

Roy, S.D., Ray, B.C., Sarma, K., George, G., 2014. Captive Breeding and Larval Rearing of Maroon Spiny Damsel Fish, *Premnas biaculeatus* (Bloch, 1790) Brood Stock Collection Embryogenesis Study, 19, pp. 78–87.

Rummer, J.L., Couturier, C.S., Stecyk, J.A., Gardiner, N.M., Kinch, J.P., Nilsson, G.E., Munday,P.L.(2014). Life on the edge: thermal optima for aerobic scope of equatorial reef fishes are close to current day temperatures. Glob. Chang. Biol. 20, 1055–1066.

Rust, M.B.(2002). Nutritional physiology. In: Halver, J., Hardy, R.W. (Eds.), Fish Nutrition. Academic Press, New York, pp. 368–446.

Rueger, T., Barbasch, T. A., Wong, M. Y. L., Srinivasan, M., Jones, G. P., & Buston, P. M. (2018). Reproductive control via the threat of eviction in the clown anemonefish. Proceedings of the Royal Society B, 285, 20181295.

Santamaría, C. A., Marín de Mateo, M., Traveset, R., Sala, R., Grau, A., Pastor, E., Sarasquete, C., & Crespo, S. (2004). Larval organogenesis in common dentex *Dentex dentex* L. (Sparidae): Histological and histochemical aspects. Aquaculture, *237*, 207–228.

Sardi, A. E., Bégout, M. L., Lalles, A. L., Cousin, X., & Budzinski, H. (2023). Temperature and feeding frequency impact the survival, growth, and metamorphosis success of Solea solea larvae. *PLoS ONE*, *18*(3 March).

Sargent, J. R., Tocher, D. R., & Bell, J. B. (2002). The lipids. In J. E. Halver,& R. W. Hardy (Eds.), *In Fish Nutrition* (3rd ed.). Elsevier.

Smale, D.A., Wernberg, T., Oliver, E.C.J., Thomsen, M., Harvey, B.P., Straub, S.C., Burrows, M.T., Alexander, L.V., Benthuysen, J.A., Donat, M.G., Feng, M., Hobday, A.J., Holbrook, N.J., Perkins-Kirkpatrick, S.E., Scannell, H.A., Sen Gupta, A., Payne, B.L.,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Moore, P.J. (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. Nature Climate Change 9, 306–312.

Soman, M., Chadha, N. K., Madhu, K., Madhu, R., Sawant, P. B., & Francis, B. (2021). Optimization of temperature improves embryonic development and hatching efficiency of false clown fish, *Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830 under captive condition. Aquaculture, 536.

Segner, H., Rösch, R., Verreth, J., Witt, U., 1993. Larval nutritional physiology: studies with Clarias gariepinus, Coregonus lavaretus and Scophthalmus maximus. Journal of the World Aquaculture Society 24, 121–134.

Segner, H., Storch, V., Reinecke, M., Kloas, W., Hanke, W., 1994. The development of functional digestive and metabolic organs in turbot, Scophthalmus-Maximus. Marine Biology 119, 471–486.

Teles, A., Salas-Leiva, J., Alvarez-González, C. A., Gisbert, E., Ibarra-Castro, L., Urbiola, J. C. P., & Tovar-Ramírez, D. (2017). Histological study of the gastrointestinal tract in longfin yellowtail (*Seriola rivoliana*) larvae. Fish Physiology and Biochemistry, 43(6), 1613–1628.

Tocher, D.R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Rev. Fish. Sci. 11 (2), 107–184.

Turchini, G. M., Torstensen, B. E., & Ng, W. K. (2009). Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture, 1, 10–57.

Velasco-Blanco, G., Re, A. D., Díaz, F., Ibarra-Castro, L., la Parra, M. I. A. de, Rodríguez-Ibarra, L. E., & Rosas, C. (2019). Thermal preference, tolerance, and thermal aerobic scope in clownfish *Amphiprion ocellaris* (Cuvier, 1830) predict its aquaculture potential across tropical regions. International Aquatic Research, 11(2), 187–197.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Volkoff, H., & Rønnestad, I. (2020). Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. In Temperature (Vol. 7, Issue 4, pp. 307–320).

Wernberg, T., Smale, D.A., Tuya, F., Thomsen, M.S., Langlois, T.J., de Bettignies, T., Bennett, S., Rousseaux, C.S., 2013. An extreme climatic event alters marine ecosystem structure in a global biodiversity hotspot. Nature Climate Change 3, 78–82.

Wood E (1985) Exploitation of Coral Reef Fishes for the Aquarium Trade. Marine Conservation Society, Ross-on-Wye, UK

Ye, L., Yang, S.-Y., Zhu, X.-M., Liu, M., Lin, J.-Y., & Wu, K.-C. (2011). Effects of temperature on survival, development, growth and feeding of larvae of Yellowtail clownfish *Amphiprion clarkii* (Pisces: Perciformes). Acta Ecologica Sinica, *31*(5), 241–245.

Yñiguez, A. T., & Ottong, Z. J. (2020). Predicting fish kills and toxic blooms in an intensive mariculture site in the Philippines using a machine learning model. *Science of the Total Environment*, *707*.

Yosef, R., Nachshonov, T., & Zduniak, P. (2022). Anthropopause positively influenced Red Sea Clownfish (Amphiprion bicinctus) populations but not the host sea anemone (Actiniaria spp.) in Eilat, Israel. *Marine Policy*, *145*.

Yúfera, M., Nguyen, M.V., Navarro-Guill´en, C., Moyano, F.J., Jordal, A.-E.O., Espe, M., Conceiç˜ao, L.E.C., Engrola, S., Le, M.H., Rønnestad, I., 2019. Effect of increased rearing temperature on digestive function in cobia early juvenile. Comp. Biochem. Physiol. 230A, 71–80.

Zambonino-Infante, J.L., Cahu, C.L. (2001). Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae. Comp. Biochem. Physiol. - C Toxicol. Pharmacol. 130, 477–487.

Zambonino-Infante, J., Gisbert, E., Sarasquete, C., Navarro, I., Gutiérrez, J., Cahu, C.L.(2008). Ontogeny and physiology of the digestive system of marine fish larvae. In: Cyrino, J.,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

Bureau, D., Kapoor, B.G. (Eds.), Feeding and Digestive Functions of Fish. Science Publishers, Inc., Enfield (NH), Jersey, Plymouth, pp. 281–348.

Zaiss, M. M., Papadakis, I. E., Maingot, E., Divanach, P., & Mylonas, C. C. (2006). Ontogeny of the digestive tract in shi drum (*Umbrina cirrosa* L .) reared using the mesocosm larval rearing system. *Aquaculture*, *260*, 357–368.

Zhao, T., Ma, A., Huang, Z., Liu, Z., Sun, Z., Zhu, C., Yang, J., Li, Y., Wang,Q., Qiao, X., & Chen, Z. (2021). Transcriptome analysis reveals that high temperatures alter modes of lipid metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) liver. Comparative Biochemistry and Physiology, D: Genomics and Proteomics, 40, 100887.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

Sea temperature. Info. Red sea water temperature today. Available at:
https://seatemperature.info/red-sea-water-temperature.html
(Πρόσβαση 1/9/2023)

(OEC, 2022) Ornamental Fish. Available at:
https://oec.world/en/profile/hs/ornamental-fish
(Πρόσβαση 10/8/2023)

Amphiprion bicinctus. Available at*:*
https://reefapp.net/en/encyclopedia/amphiprion-bicinctus
(Πρόσβαση 10/8/2023)

Amphiprion bicinctus. Available at:
https://fishbase.org/Amphiprion
(Πρόσβαση 18/7/2023)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

ABSTRACT

The effects of two temperatures (23°C and 26°C) during the *A. bicinctus* larval rearing period (23 days) were studied in terms of growth (total length, T.L.), the ontogeny of the digestive system and lipid deposition in the liver.

The larvae were reared using an intensive rearing protocol, which offers a combination of enriched rotifers followed by *Artemia nauplii.* The ontogeny of the digestive system and the estimation of lipid in the liver were performed using histological and image analysis methods.

The results showed that the studied parameters were affected by temperature variation. The total length of larvae at the end of the rearing procedure was significantly higher at the temperature groups of 26°C (13.27±1.06mm) than the group of 23ºC (13.19mm). The rate of digestive system ontogenesis was analogous to the temperature and it was higher at 26ºC.

When the feeding protocol included both rotifers and Artemia nauplii, the mean lipid accumulation remained high as did the occurrence of lipid vacuoles in the intestine in both rearing groups. Also, the 26ºC group showed higher liver lipid accumulation. Compared with the temperatures studied for *Amphiprionidae*, the most appropriate rearing temperature is 26°C.

This study, provide important information for the biology of this promising marine ornamental species aquaculture, indicating that *A. bicinct*us larvae rapidly develop the basic structures of the digestive and required to successfully overcome the most critical stage of larvae rearing. It is also confirmed that the effectiveness of the histological liver lipid analysis indicates an accurate method to evaluate feeding

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38

conditions during A. *bicinctus* larval rearing, indicating critical feeding periods and improve rearing protocols, and therefore production efficiency.

Keywords: Ontogeny, larvae development, liver*, A.bicinctus*

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
02/05/2026 09:05:14 EEST - 216.73.217.38