

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	
Αρ. Πρωτοκ.	1359
Ημερομηνία:	26.9.09

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Διερεύνηση της δυνατότητας εκτροφής σε συνθήκες
αιχμαλωσίας του είδους *Octopus vulgaris* (χταπόδι)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Σ. ΚΛΑΟΥΔΑΤΟΣ
ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΠΑΠΟΥΤΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Βόλος 2007



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 6830/1
Ημερ. Εισ.: 15-01-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΙΥΠ
2007
ΠΑΠ

Μέλη τριμελούς εξεταστικής επιτροπής:

- Κλαουδάτος, Σ : Καθηγητής τμήματος γεωπονίας ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Νεοφύτου, Χ: Καθηγητής τμήματος γεωπονίας ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Παναγιωτάκη, Π: Επίκουρος τμήματος γεωπονίας ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή με τίτλο 'Διερεύνηση της δυνατότητας εκτροφής σε συνθήκες αιχμαλωσίας του είδους *Octopus vulgaris* (χταπόδι)' πραγματοποιήθηκε στο σύνολό της στη σχολή γεωπονικών επιστημών του τμήματος γεωπονίας ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος στο πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Κλαουδάτο για τη σημαντική βοήθειά του και τις πολύτιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της προετοιμασίας της πτυχιακής διατριβής καθώς και σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νεοφύτου για τη συμβολή του στην πραγματοποίηση της πτυχιακής διατριβής καθώς και την κ. Παναγιωτάκη για την πολύτιμη βοήθειά της και τις υποδείξεις της.

Περιεχόμενα

Μέλη τριμελούς εξεταστικής επιτροπής:.....	i
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
Περιεχόμενα.....	iii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Συστηματική κατάταξη.....	2
Μορφολογικά χαρακτηριστικά	2
Γεωγραφική κατανομή.....	3
Αμυντικοί μηχανισμοί.....	4
Αναπαραγωγή	4
Αισθήσεις.....	5
Μετακίνηση	5
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	6
Αύξηση ατόμων	8
Παράλληλες εργαστηριακές προσπάθειες ολοκλήρωσης του σταδίου της παραλάβας	8
ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	9
ΠΑΧΥΝΣΗ.....	13
Πάχυνση ενήλικων.....	17
Πάχυνση με βάση το αρχικό βάρος	17
Πάχυνση με βάση το φύλο.....	17
Πάχυνση σε διαφορετικές πυκνότητες	18
Επιπτώσεις πάχυνσης στο θαλάσσιο περιβάλλον	21
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	23

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα κυριαρχείται κυρίως από το λαβράκι (*Dicentracus labrax*) και την τσιπούρα (*Sparus aurata*). Όμως σε αυτά τα δυο είδη έχει αρχίσει να επέρχεται κορεσμός, με συνέπεια οι ίδιοι οι εκτροφείς να στρέφονται σε καινούρια είδη που θα μπορούσαν να εκτραφούν. Τέτοια είδη είναι ο σαργός (*Diplodus sargus*), η χιόνα (*Puntazzo puntazzo*), το φαγκρί (*Pagrus major*), το μαγιάτικο (*Seriola dumerili*), το λυθρίνι (*Pagelus erythrinus*), ο ροφός (*Epinephelus guaza*) και ο τόνος (*Thunnus thynnus*). Η επιλογή ενός είδους ως υποψήφιο για εκτροφή δεν είναι εύκολη υπόθεση. Μεγάλο ρόλο παίζει η εμπορικότητα του εκάστοτε είδους καθώς και οι δυσκολίες εκτροφής του. Είδη που δεν είναι ιδιαίτερα γνωστά στην αγορά καθώς και παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες στην εκτροφή τους δεν έχουν ιδιαίτερες προοπτικές για εκτροφή. Στη αντίθετη περίπτωση αν η αναπαραγωγή και η εκτροφή δεν παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες τότε αυτό το είδος έχει αρκετές προοπτικές για εντατική εκτροφή.

Από τα Κεφαλόποδα ένα από τα καταλληλότερα είδη υποψήφια προς εκτροφή είναι το χταπόδι (*Octopus vulgaris*).

Το συγκεκριμένο είδος εμφανίζει χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για εκτροφή όπως:

1. Μεγάλη εμπορική ζήτηση.
2. Υψηλό ρυθμό ανάπτυξης (Mangold, 1983;·Inglesias, 1997).
3. Μεγάλη γονιμότητα (το θηλυκό γεννά 100.000-500.000 αυγά) (Wells, 1978; Mangold, 1983; Iglesias et al., 1996, 1997).
4. Είναι παμφάγο με υψηλό ρυθμό μετατρεψιμότητας (αφομοιώνει το 40-60 % της καταναλωθείσας τροφής) (Mangold and Boletzky, 1973; Wells,1978; Mangold, 1983).
5. Παρουσιάζει ευρεία γεωγραφική κατανομή.
6. Προσαρμόζεται εύκολα στην αιχμαλωσία (Nixon, 1969).

Η μαζική εκτροφή του χταποδιού έχει επιτευχθεί μόνο στο στάδιο της πάχυνσης και αυτή με σημαντικά κενά καθώς στηρίζεται στην αλιεία νεαρών ατόμων. Μέχρι σήμερα δεν έχει παραχθεί κατάλληλη τροφή σε μαζικό επίπεδο ικανή να παρέχει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για το συγκεκριμένο είδος. Ένας εξίσου σημαντικός λόγος αδυναμίας επίτευξης μαζικής εκτροφής του χταποδιού αποτελεί η

δυσκολία εύρεσης κατάλληλου τύπου δεξαμενών ή πλωτών κλωβών που θα χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση της εκκόλαψης και πάχυνσης αντίστοιχα. Μόλις πρόσφατα πραγματοποιήθηκε με επιτυχία ο πλήρης βιολογικός του κύκλος σε συνθήκες αιχμαλωσίας (Inglesias et al., 2004) ενώ ακόμη δεν έχει ξεπεραστεί το πρόβλημα της αυξημένης θνησιμότητας στο στάδιο της παραλάρβας όπου ο οργανισμός διέρχεται από το πλαγκτονικό στάδιο στο βενθικό.

Συστηματική κατάταξη

Η συστηματική κατάταξη του χταποδιού (Εικ. 1) είναι η εξής:

Βασίλειο: Animalia

Κλάση: Cephalopoda

Τάξη: Octapoda

Οικογένεια: Octapodidae

Είδος: *Octopus vulgaris*



Εικόνα 1. Το είδος *Octopus vulgaris*.

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το *O. vulgaris* χαρακτηρίζεται από 8 πλοκάμια τα οποία φέρουν βεντούζες. Αντίθετα από τα άλλα κεφαλόποδα το σώμα του είναι εντελώς μαλακό και δεν φέρει εσωτερικό ή εξωτερικό σκελετό όπως άλλα είδη του ίδιου φύλου (μαλάκια). Το μόνο σκληρό μέρος του σώματός του είναι το στόμα το οποίο μοιάζει με ράμφος παπαγάλου. Η κατασκευή αυτή του σώματος του επιτρέπει τη διείσδυση σε δυσπρόσιτα σημεία σε βράχους για την αποφυγή θηρευτών (Fischer, 1973). Η διάρκεια ζωής τους δεν είναι μεγάλη (3-4 χρόνια) και πεθαίνουν λίγο αφού εναποθέσουν τα αυγά τους. Στο στάδιο

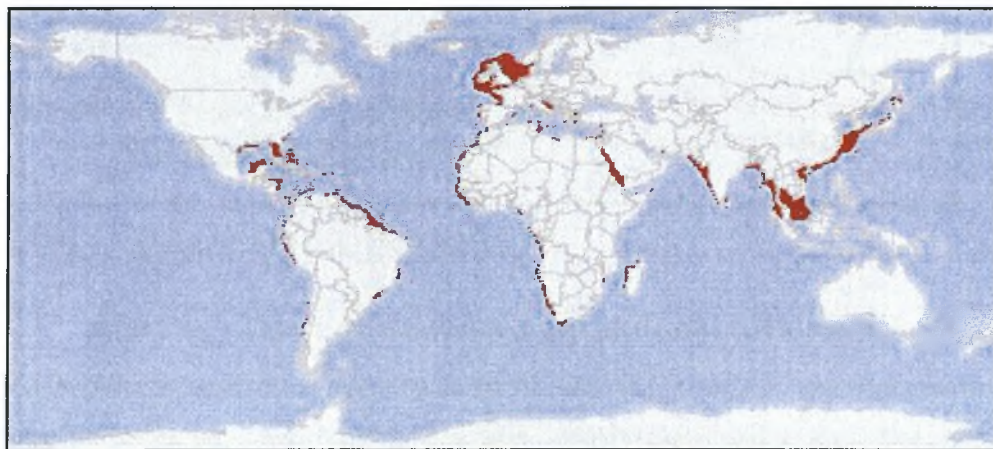
αυτό δεν για να τραφούν ενώ ο θάνατος δεν προέρχεται από ασιτία αλλά από μια ουσία που εκκρίνεται από έναν αδένα που βρίσκεται ανάμεσα από τα μάτια. Σε περίπτωση χειρουργικής αφαίρεσης του παραπάνω αδένα το χταπόδι θα πεθάνει από ασιτία λίγο μετά την εκκόλαψη των αυγών.

Τα χταπόδια έχουν τρεις καρδιές. Οι δυο βρίσκονται στα βράγχια ενώ η τρίτη μέσα στο σώμα. Το αίμα τους περιέχει αιμοκυανίνη πλούσια σε χαλκό που χρησιμεύει για τη μεταφορά του οξυγόνου προσδίδοντας στο αίμα μπλε χρωματισμό. Σε συνθήκες όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και μικρές συγκεντρώσεις οξυγόνου, η αιμοκυανίνη είναι πιο αποτελεσματική στη μεταφορά οξυγόνου σε σχέση με την πλούσια σε σίδηρο αιμογλοβίνη, πράγμα που δεν συμβαίνει υπό κανονικές συνθήκες όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη. Το χταπόδι έχει δυο διαφορετικά βράγχια.

Τα χταπόδια είναι ιδιαίτερα έξυπνα όντα, πιθανώς τα πιο έξυπνα από όλα τα ασπόνδυλα. Πειράματα έχουν αποδείξει ότι διαθέτουν τόσο βραχυπρόθεσμη όσο και μακροπρόθεσμη μνήμη. Η μικρή διάρκεια ζωής τους περιορίζει το πόσο μπορούν να μάθουν. Μάλιστα η όλη συμπεριφορά τους αποτελεί ένα συνδυασμό των επίκτητων γνώσεων τους και του ενστίκτου τους.

Γεωγραφική κατανομή

Το *O. vulgaris* είναι ένα κοσμοπολίτικο είδος που απαντάται σε όλον τον κόσμο σε τροπικά και εύκρατα κλίματα (Εικ. 2). Διαβιεί κυρίως στα ρηχά νερά μέχρι το βάθος των 200 μέτρων. Συναντάται τόσο σε βραχώδη όσο και σε αμμώδη υποστρώματα ή βυθό που καλύπτεται από θαλάσσια βλάστηση. Προτιμά όμως τον βραχώδη πυθμένα γιατί εκεί φτιάχνει συνήθως τη φωλιά του και στα βράχια εναποθέτει τα αυγά του. Σε θερμοκρασίες κάτω των 7°C σταματά να αναπτύσσεται.



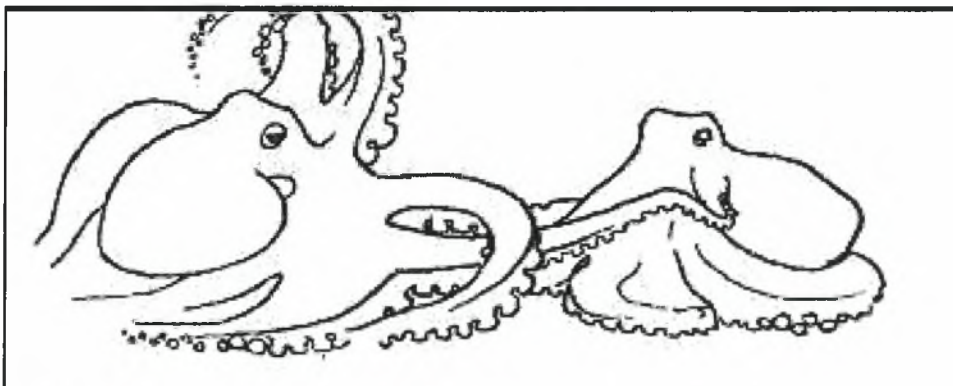
Εικόνα 2. Γεωγραφική κατανομή του είδους *Octopus vulgaris*.

Αμυντικοί μηχανισμοί

Τα χταπόδια έχουν αναπτύξει ορισμένους αμυντικούς μηχανισμούς για να ξεφεύγουν από τους θηρευτές τους. Η εκτόξευση μελανιού αποτελεί από τους συνηθέστερους. Το μελάνι παίρνει το χρώμα του από τη μελανίνη την ουσία που δίνει χρώμα στα μαλλιά τα μάτια και το δέρμα του ανθρώπου. Επίσης το μελάνι έχει έντονη μυρωδιά ώστε το χταπόδι να ξεφεύγει από θηρευτές που βασίζονται στη όσφρηση όπως οι καρχαρίες. Ένας δεύτερος αμυντικός μηχανισμός βασίζεται στο γεγονός ότι τα επιδερμικά κύτταρα του χταποδιού περιέχουν χρωστικές (χρωματοφόρα) με συνέπεια να μπορούν αν αλλάζουν χρώμα κατά βούληση. Επιτρέποντας στο χταπόδι να καμουφλάρεται προσομοιάζοντας το σώμα του στο περιβάλλον φόντο καθιστώντας έτσι τον εντοπισμό του από θηρευτές εξαιρετικά δύσκολο. Όταν δέχεται επίθεση μπορεί επίσης να αποκολλήσει ένα από τα πλοκάμια του πράγμα που θα μπερδέψει προς στιγμή τους θηρευτές του επιτρέποντας έτσι την διαφυγή του.

Αναπαραγωγή

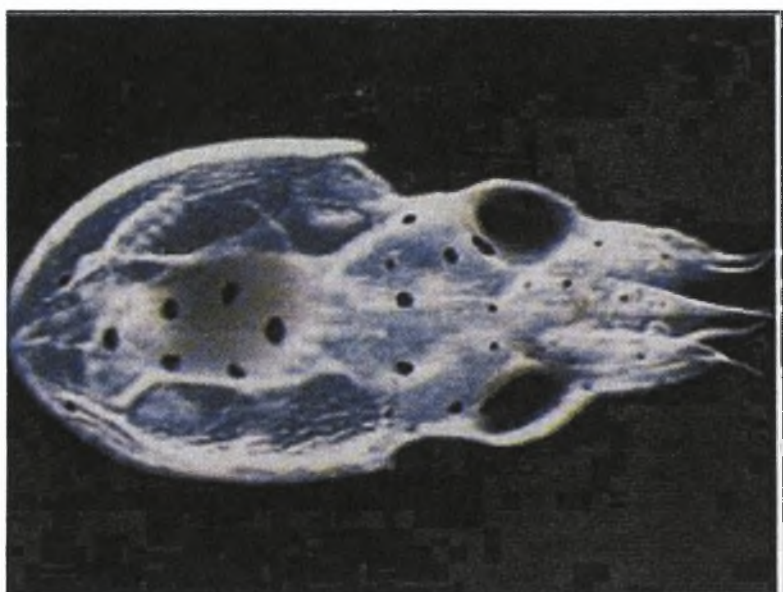
Το χταπόδι εμφανίζει δυο περιόδους αναπαραγωγής. Η πρώτη εντοπίζεται από τον Απρίλιο μέχρι το Μάιο (κυρίως στη Μεσόγειο) ενώ η δεύτερη τον Οκτώβρη (κυρίως στις θάλασσες της Ιαπωνίας) (Hatanaka, 1979). Κατά τη σύζευξη τα αρσενικά χρησιμοποιούν ένα συγκεκριμένο πλοκάμι για να μεταφέρουν τα σπερματοφόρα που περιέχουν τα σπερματοζωάρια στο θηλυκό άτομο (Εικ. 3). Το πλοκάμι αυτό είναι συνήθως το τρίτο από δεξιά και αποκολλάται μετά τη σύζευξη.



Εικόνα 3. Σύζευξη του είδους *Octopus vulgaris*.

Μετά τη γονιμοποίηση το θηλυκό απελευθερώνει από 100.000-500.000 αυγά. Το θηλυκό εναποθέτει μαζικά τα αυγά σε λωρίδες (τσαμπιά) που κρέμονται από την οροφή της εσοχής του βράχου που έχει επιλέξει για φωλιά του. Στη συνέχεια θα παραμείνει στη φωλιά καθ' όλη τη διάρκεια της επώασης για να τα προστατέψει από

διάφορους θηρευτές και για να προκαλεί με τα πλοκάμια του την κίνηση νερών στην εσοχή του βράχου. Η κίνηση αυτή εμπλουτίζει το νερό με οξυγόνο και κατά συνέπεια οξυγονώνει τα αυγά που επωάζονται. Το θηλυκό δεν τρέφεται σε αυτή τη φάση της ζωής του, και πεθαίνει με την εκκόλαψη των αυγών. Οι νεοεκκολαφθήσες νύμφες (Εικ. 4) είναι πλαγκτονικές και τρέφονται κυρίως με κοπήποδα. Μετά από περίπου 40 μέρες θα εγκατασταθούν στο βυθό μόνιμα όπου θα παραμείνουν μέχρι το τέλος της ζωής τους (Mangold-Wirz, 1963).



Εικόνα 4. Παραλάβρα του *Octopus vulgaris* αμέσως μετά την εκκόλαψη.

Αισθήσεις

Το είδος *O. vulgaris* έχει πολύ καλή όραση, δεν μπορεί να διακρίνει χρώματα αλλά μπορεί να διακρίνει την πόλωση του φωτός. Έχει επίσης ιδιαίτερα αναπτυγμένη την αίσθηση της αφής. Οι βεντούζες που βρίσκονται στα πλοκάμια έχουν ειδικούς χημειοδέκτες έτσι ώστε το χταπόδι να 'γεύεται' ότι αγγίζει.

Μετακίνηση

Το χταπόδι μετακινείται κολυμπώντας ή έρποντας στο βυθό. Όταν έρπει προχωρά με τα πλοκάμια του συνήθως σε στερεές επιφάνειες. Για να κινηθεί γρήγορα εκτοξεύει νερό με πίεση και προωθείται ταχύτατα προς την αντίθετη κατεύθυνση.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο βιολογικός κύκλος του χταποδιού στη φύση αρχίζει με την εκκόλαψη των αυγών και την εμφάνιση του νυμφικού σταδίου της παραλάβρας, καθώς λαμβάνει τροφή αμέσως μετά την εκκόλαψη (Εικ. 4). Ο χρόνος εκκόλαψης των αυγών εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στους 27°C η εκκόλαψη γίνεται μετά από 15-42 μέρες, στους 22-23°C μετά από 29-49 μέρες, στους 21°C μετά από 57-65 μέρες ενώ στους 17°C μετά από 80-87 μέρες. Το στάδιο της παραλάβρας διαρκεί περίπου 40 μέρες, και η νύμφη φτάνει σε μήκος το λιγότερο 12mm (Εικ. 5). Στη συνέχεια το νεαρό χταπόδι από πλαγκτονικό γίνεται βενθικό μεταβαίνοντας στον πυθμένα και συνεχίζοντας τη ζωή του ως νεαρό άτομο. Μέχρι πρόσφατα ο βιολογικός κύκλος του χταποδιού δεν είχε ολοκληρωθεί σε συνθήκες αιχμαλωσίας, κυρίως λόγω της υψηλής θνησιμότητας που παρατηρούνταν στο στάδιο της παραλάβρας. Οι Inglesias et al., (2004) πρώτοι ολοκλήρωσαν τον βιολογικό του κύκλο σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Η επιτυχής ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του *Octopus vulgaris* σε συνθήκες αιχμαλωσίας πραγματοποιήθηκε με τη μεταφορά σε κυκλική δεξαμενή από PVC χωρητικότητας 1m³ διαμέτρου 130 cm, 2000 νεοεκολαφθέντων παραλαρβών προερχόμενες από θηλυκό χταπόδι που διατηρούνταν σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Στη δεξαμενή παρέχονταν φιλτραρισμένο θαλασσινό νερό (1μm) με πυκνότητα φόρτισης 2 ατόμων ανά λίτρο.

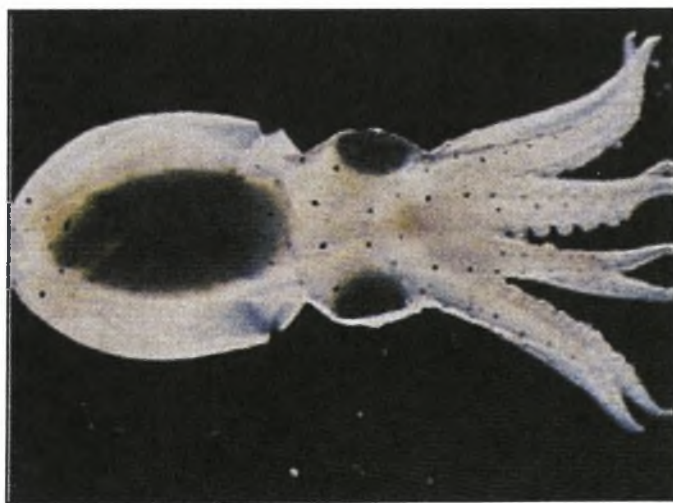
Η μέση θερμοκρασία διατηρήθηκε στους 22,5°C (19,6-22,9), η αλατότητα στα 35 psu (34,2-35,7) ενώ παρέχονταν 24h φως από δυο φθορίζοντες λαμπτήρες ισχύος 36W ο καθένας, που προκαλούσαν ένταση φωτός 600-1000 lux στην επιφάνεια του νερού της δεξαμενής. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου, των νιτρικών και της αμμωνίας μετρούνταν καθημερινά. Ένα κλειστό κύκλωμα τροφοδοσίας νερού με κεντρικό αερισμό λειτουργούσε κατά την πρώτη εβδομάδα, αμέσως μετά την εκκόλαψη. Φυτοπλαγκτόν των ειδών *Chrorella sp.*, *Isochrysis galbana* και *Chaetocros sp.* Χρησιμοποιήθηκε για την καθημερινή διατροφή. Από την όγδοη μέρα το κύκλωμα τροφοδοσίας νερού ήταν μερικώς ανοικτό (10 l/min) 4h την ημέρα, και με φίλτρο 300μm. Ο πυθμένας της δεξαμενής καθαριζόνταν με σιφωνισμό κάθε 4 μέρες.

Την πρώτη εβδομάδα χρησιμοποιήθηκε *Artemia* ως μοναδική τροφή (ναύπλιοι 0,5 mm). Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν μεταναύπλιοι μεγέθους μεταξύ 1-4 mm που εκτρέφονταν στους 20°C για 7 μέρες με φυτοπλαγκτόν. Ως συμπληρωματική τροφή παρέχονταν *Maja squinado* που προμηθεύονταν από 16 θηλυκά, και

παρέχονταν 4 μέρες την εβδομάδα σε συγκέντρωση 0.01-0,1 ατόμων/ml. Ο ρυθμός επιβίωσης υπολογίζονταν μετρώντας τον τελικό αριθμό ατόμων που επιβίωσαν την 40^η ημέρα ενώ μετρήθηκε και ο μέσος αριθμός των βεντουζών ανά πλοκάμι σε 10 άτομα αυτής της ηλικίας.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία του απογαλακτισμού, δυο ομάδες 250 ατόμων (40 ημερών) μεταφέρθηκαν σε δεξαμενές γκρι χρώματος, χωρητικότητας 500 ℓ που περιείχαν άμμο στον πυθμένα. Ένα ανοικτό σύστημα παροχής νερού 2 ℓ/min χρησιμοποιήθηκε. Τα υπόλοιπα άτομα (n=130) από την αρχική δεξαμενή που είχαν περάσει στο στάδιο της παραλάρβας διατηρήθηκαν στην ίδια δεξαμενή. Η μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του απογαλακτισμού ήταν 22,5°C. Η τροφή αποτελούνταν από *Paracentrotus lividus* και γονάδες καβουριού του είδους *Carcinus maenas*, ζωντανά μικρά καρκινοειδή και μαλάκια (*Mitylus* sp.). Μετά την περίοδο απογαλακτισμού (2 εβδομάδες), τα άτομα τρέφονταν με κατεψυγμένα καβούρια και μαλάκια. Η θερμοκρασία σταδιακά μειώνονταν μέχρι να φτάσει περίπου τους 18°C. Οι ίδιες γκρίζου χρωματισμού δεξαμενές χρησιμοποιήθηκαν στην πάχυνση. Το ξηρό βάρος υπολογίζονταν κάθε μήνα για μια περίοδο 8 μηνών, ώστε να αποκτηθούν οι πρώτες πληροφορίες για την εκτροφή του χταποδιού από το στάδιο της παραλάρβας μέχρι το βάρος των 1,4-1,8 Kg.

Το μέσο ξηρό βάρος για τις νεοεκολαφθείσες παραλάρβες ήταν 0,34 mg περίπου. Κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας καταναλώνονταν ενήλικα άτομα *Artemia salina*, όμως όταν καβούρια προσθέτονταν ως συμπληρωματική τροφή, οι παραλάρβες έδειχναν καθαρά ότι τα προτιμούσαν για τροφή. Την 45^η ημέρα το μέσο ξηρό βάρος ήταν περίπου 9,5 mg. Μετά από 40 μέρες ο ρυθμός επιβίωσης ήταν 31,5% οι παραλάρβες είχαν 23 βεντούζες σε κάθε πλοκάμι και είχαν αρχίσει να εγκαθίστανται στον πυθμένα της δεξαμενής (Εικ. 5).



Εικόνα 5. Παραλάρβα του *octopus vulgaris* 40 ημέρες μετά την εκκόλαψη.

Αύξηση ατόμων

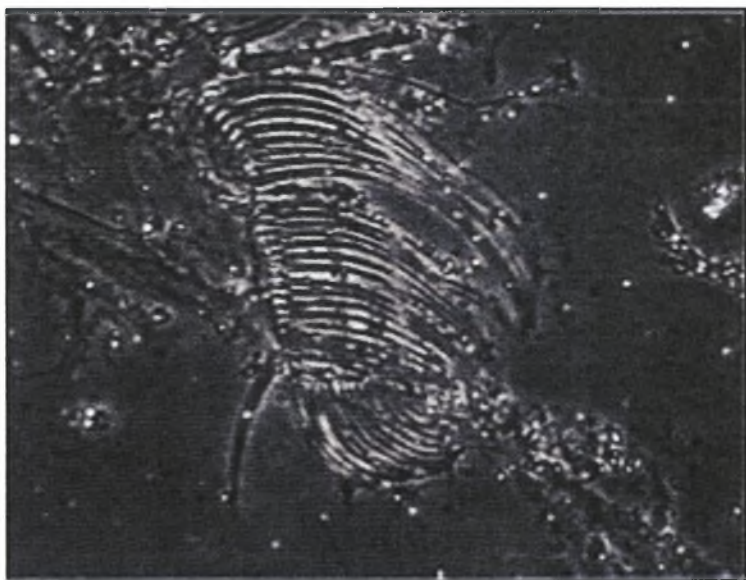
Ο απογαλακτισμός αποτελεί μια ευαίσθητη περίοδο του βιολογικού κύκλου του χταποδιού όπως και για κάθε άλλο εκτρεφόμενο είδος. Όταν οι δυο ομάδες των 250 ατόμων απομακρύνθηκαν από την αρχική δεξαμενή, η συνολική θνησιμότητα μετά από 24h ήταν 100% πιθανώς από το stress. Συνεπώς αποφασίστηκε να συνεχιστεί η διαδικασία απογαλακτισμού με τα άτομα που είχαν παραμείνει (n=130) στην αρχική δεξαμενή. Η επιβίωση στο νέο σύνολο έφτασε το 10% ενώ τα άτομα είχαν αποκτήσει 26-28 βεντούζες ανά πλοκάμι. Τα άτομα αυτά έφτασαν βάρος 0,5-0,6 Kg σε 6 μήνες ενώ στο τέλος του πειράματος των οκτώ (8) μηνών είχαν βάρος από 1,4-1,8 kg. Κατά τη διάρκεια του πειράματος τα ποσοστά επιβίωσης μειώνονταν συνεχώς και μόνο το 1,5% του αρχικού πληθυσμού επιβίωσε. Δυο από τα άτομα που επιβίωσαν ζευγάρωσαν, μετά από μερικές εβδομάδες το θηλυκό απελευθέρωσε αυγά και στη συνέχεια πέθανε. Η ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του χταποδιού διήρκεσε 356 και 339 ημέρες για τα θηλυκά και τα αρσενικά αντίστοιχα σε θερμοκρασία 17-22,9°C.

Παράλληλες εργαστηριακές προσπάθειες ολοκλήρωσης του σταδίου της παραλάβας

Κατά το παρελθόν πολλές προσπάθειες αναλήφθηκαν για την κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες ολοκλήρωση του σταδίου της παραλάβας. (Itami *et al.*, 1963; Villanueva, 1994) τα πειράματα διεξήχθησαν σε μικρές δεξαμενές. Για να καταστεί δυνατή η επίτευξη της εκτροφής των παραλαρβών σε μεγάλη κλίμακα, έπρεπε να χρησιμοποιηθεί *Artemia* εφόσον είναι η μόνη τροφή που δεν υπάρχουν προβλήματα διαθεσιμότητας. Επίσης είναι κατάλληλη για τις παραλάβες λόγω μεγέθους (Hamazaki *et al.*, 1991; Inglesias *et al.*, 1997). Αυτοί οι επιστήμονες όχι μόνο κατάφεραν να ταΐσουν τις παραλάβες με *Artemia* για 1-2 μήνες αλλά ολοκλήρωσαν και την πελαγική φάση με αυτή τη δίαιτα. Παρόλα αυτά, όταν χορηγούνταν ως τροφή μόνο *Artemia* η αύξηση των παραλαρβών και η επιβιωσιμότητά τους ήταν πολύ χαμηλές, πιθανώς λόγω της ανεπαρκούς σύνθεσης λιπιδίων πράγμα που είναι πολύ σημαντικό στις διατροφικές απαιτήσεις των παραλαρβών του χταποδιού (Navarro and Villanueva, 2000, 2003). Καλύτερα αποτελέσματα πάρθηκαν όταν η *Artemia* συνδυάζονταν με κάποιου άλλου είδους ζωντανή τροφή (Moxica *et al.*, 2002). Αυτοί οι επιστήμονες απέδειξαν ότι η χορήγηση *Maja squinado* για μια μικρή περίοδο 7

ημερών, είχε θετικό αντίκτυπο στο ρυθμό αύξησης. Αναφέρουν ακόμα ότι οι τελικές παραλάρβες είχαν ξηρό βάρος 9,21 mg μετά από 56 μέρες, ωστόσο η επιβιωσιμότητα ήταν πολύ χαμηλή (0,2%).

Σε ένα άλλο πείραμα (Inglesias *et al.*, 2000) είχε επιτύχει την παραγωγή παραλαρβών και το ποσοστό των παραλαρβών που επιβίωσαν 40 μέρες μετά την εκκόλαψη ήταν σχετικά υψηλό (31,5%,) και το ξηρό βάρος έφθασε τα 9 mg, ενώ ο αριθμός των βεντουζών (23) ανά πλοκάμι. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν τα καλύτερα που είχαν επιτευχθεί σε πείραμα που χρησιμοποιούσε την *Artemia* ως μοναδική τροφή για τις παραλάρβες (Εικ. 6). Τα αποτελέσματα αυτά βελτιώνονταν όταν χορηγούνταν συμπληρωματική τροφή με *Maja squinado* που στην περιοχή της Γαλικίας αυτού του είδους οι οργανισμοί είναι άφθονοι και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εντατική εκτροφή του *Octopus vulgaris*. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να διεξαχθεί για να προσδιοριστούν τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχονται στο *Maja squinado* και να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό της *Artemia* που έχει αποδειχθεί ότι είναι κατάλληλο θήραμα για τις παραλάρβες.



Εικόνα 6. Στομάχι παραλάρβας που έχει καταναλώσει *Artemia*.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Οι πρώτοι που επιχείρησαν την εκτροφή του χταποδιού ήταν οι Itami *et al.*, (1963) στην Ιαπωνία και το πέτυχαν χρησιμοποιώντας ως τροφή για τις παραλάρβες το είδος *Palaemon serrifer*. Την 33 μέρα οι οργανισμοί είχαν περάσει το στάδιο της παραλάρβας σε θερμοκρασία 24,7°C, ενώ την 60^η ημέρα το ποσοστό επιβίωσης έφθασε το 5%.

Για να υπάρξει οικονομική βιωσιμότητα μιας εκτροφής *O. vulgaris* είναι απαραίτητο η θερμοκρασία να είναι υψηλή για τα μικρά άτομα (50-150g), ενώ αργότερα να μειώνεται σταδιακά για να μπορέσουν να εκτραφούν και άτομα μεγαλύτερα των 200g. Συνεπώς η εκτροφή του θα πρέπει να γίνεται σε κλειστό κύκλωμα. Τα περισσότερα πειράματα που έχουν γίνει αφορούν την εύρεση της κατάλληλης διαίτας για την εκτροφή του. Οι Villeneuve *et al.*, (2002) χρησιμοποίησαν δυο δίαιτες: η μια αποτελούνταν από ναύπλιους της *Artemia* ενώ η δεύτερη από ναύπλιους *Artemia* μαζί με φυτικές μικροκάψουλες. Μια από τις μεγαλύτερες διαφορές που παρουσιάζουν τα κεφαλόποδα σε σχέση με τους υπόλοιπους οργανισμούς είναι η μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών από την οποία αποτελούνται (75-85%) επί του ξηρού βάρους τους (O'Dor and Wells, 1987). Η διαίτα που περιείχε φυτικές μικροκάψουλες μαζί με υψηλό ποσοστό ναυπλίων *Artemia* (10 ναύπλιοι/ml την ημέρα) είχε ως αποτέλεσμα υψηλό ρυθμό ανάπτυξης, μεγαλύτερη πρωτεολυτική δραστηριότητα της τρυψίνης και της χυμοτριψίνης αλλά μικρή επιβιωσιμότητα. Οι οργανισμοί δεν είχαν πρόβλημα με την κατάποση των καψουλών γιατί η διάμετρος του στόματός τους είναι μεγαλύτερη από αυτή των νυμφών των ψαριών (διάμετρος μικροκαψουλών 1,3-2,0 mm). Για να αυξηθεί η επιβιωσιμότητα είναι απαραίτητα η βελτίωση της πεπτικότητας των μικροκαψουλών καθώς και της εύρεσης του κατάλληλου εμπλουτισμού της *Artemia*.

Αυτό που διαφαίνεται είναι ότι κύρια πηγή ενέργειας για το *O. vulgaris* αποτελούν οι πρωτεΐνες (O'Dor *et al.*, 1984). Ένας σημαντικός λόγος της υψηλής θνησιμότητας στο στάδιο της παραλάρβας ήταν πιθανότατα η έλλειψη του εικοσιδυοεξανοϊκού πολυακόρεστου λιπαρού οξέος (DHA) (Hamasaki and Takeuchi 2001; Navara and villanueva, 2003). Έχοντας ως βάση αυτό οι Okumura *et al.*, (2005) χρησιμοποίησαν ως τροφή *Artemia* που περιέχει υψηλό ποσοστό του προαναφερθέντος οξέος και το είδος *Ammodytes personatus* το οποίο επίσης περιέχει σε υψηλό ποσοστό το πολυακόρεστο αυτό λιπαρό οξύ. Ο συνδυασμός αυτός της *Artemia* και του *Ammodytes personatus* προκάλεσε αύξηση του βάρους στο στάδιο της παραλάρβας 5-8 φορές μεγαλύτερη από το βάρος που είχε νωρίτερα αποκτηθεί κατά της εκτροφής των παραλαρβών αποκλειστικά με *Artemia*. Ταυτόχρονα ο ρυθμός επιβίωσης αυξήθηκε σημαντικά γεγονός που κατέδειξε τη σημασία του οξέως αυτού στην ανάπτυξη του χταποδιού.

Γενικά τα καρκινοειδή θεωρούνται για το χταπόδι μια από της καταλληλότερες τροφές απαραίτητο συστατικό κάθε εντατικής εκτροφής. Με αυτό το σκεπτικό ο Villanueva (1994) άρχισε να χρησιμοποιεί ορισμένα είδη καρκινοειδών



για την εκτροφή του *O. vulgaris*. Τα είδη αυτά ήταν τα *Palaemon serrifer*, *Dardanus arrosor*, *Liocarcinus depurator* και το *Pagrus prideaux*. Τα συγκεκριμένα είδη έχουν διάφορα πλεονεκτήματα όπως, το μικρό μέγεθος, υψηλή γονιμότητα ενώ είναι ανθεκτικά στις ασθένειες και τα παράσιτα. Κατά συνέπεια μπορούν να αποτελέσουν κατάλληλη τροφή για το χταπόδι κατά τα πρώτα στάδια της ζωής του εξαιτίας της κολυμβητικής τους συμπεριφοράς, της κατανομής τους στην υδάτινη στήλη και το μέγεθος τους κατά την εκκόλαψη, το οποίο είναι κατάλληλο για την κατανάλωσή τους από το *O. vulgaris*. Επιπλέον η εκτροφή τους δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για πρώτη τροφή το καταλληλότερο ήταν το είδος *Liocarcinus depurator* μέχρι την επίτευξη των 3mm. Από το σημείο αυτό και έπειτα καταλληλότερο αποδεικνύεται το είδος *Pagrus prideaux*.

Σε σχετικό πείραμα κατά το οποίο το *O. vulgaris* έφτασε το βενθικό στάδιο διεξήχθη από τους Itami *et al.*, (1963). Οι Itami *et al.*, (1963) ανέφεραν ότι στις 30 μέρες το μέσο μέγεθος των ατόμων ήταν 6mm και ο ρυθμός επιβίωσης 18%, ενώ ο Villanueva (1994) στο ίδιο χρονικό διάστημα είχε άτομα μέσου μεγέθους 4,5mm και ρυθμό επιβίωσης 34,6%. Στις 60 μέρες για τους Itami *et al.*, (1963) το μέσο μέγεθος έφθασε στα 15mm και ο ρυθμός επιβίωσης 5% ενώ για το Villanueva (1994) το μέσο μήκος έφθασε στα 8,6mm και ο ρυθμός επιβίωσης 0,8%.

Υπάρχουν πολλά είδη καρκινοειδών που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ως τροφή για το χταπόδι και θα μπορούσαν να δώσουν καλά αποτελέσματα. Τα κεφαλόποδα στα αρχικά τους στάδια έχουν υψηλές απαιτήσεις σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), με το εικοσιδυοεξανοϊκό οξύ (DHA, 22:6ω-3) να αποτελεί το 20-30% των συνολικών λιπαρών οξέων που έχουν τα νεοεκκολαφθέντα άτομα του *O. vulgaris* (Navarro and Villanueva, 2000). Τα PUFA βρίσκονται επίσης σε υψηλά ποσοστά στα φυσικά του θηράματα. Τα μακρομόρια PUFA μειώνονται δραστικά όταν οι παραλάρβες τρέφονται με εμπλουτισμένη *Artemia* ενώ μια δευτερή διαίτα με εμπλουτισμένη *Artemia* και σύμπικτα παρήγαγε λιπαρά οξέα κοντά στο ποσοστό που περιέχει το χταπόδι όταν εκκολάπτεται. Και με τις δυο δίαιτες όμως παρουσιάστηκε υψηλή θνησιμότητα. Μετά τη 10^η μέρα της εκτροφής αρχίζει να παρουσιάζεται ένα μοντέλο στην αύξηση το οποίο διαρκεί μέχρι το τέλος του σταδίου της παραλάρβας. Ανεξάρτητα από τη τροφή ή τους διάφορους συνδυασμούς της, μπορεί να ειπωθεί ότι τα συνολικά λιπίδια των εκτρεφόμενων οργανισμών αυξάνουν αξιοπρόσεκτα όπως και τα επίπεδα των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων. Σε 20 μέρες το βάρος των παραλαρβών ήταν μόλις 3,6 φορές το βάρος που είχαν όταν εκκολάφθηκαν (ξηρό βάρος) και ρυθμό επιβίωσης 3% (Villanueva *et al.*, 2002). Οι Navarro and

Villanueva, (2000) βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα χρησιμοποιώντας τις ίδιες τροφές. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εμπλουτισμένοι ναύπλιοι *Artemia* μπορεί να είναι πλούσιοι σε 16:1 και 18:1 λιπαρά οξέα όμως είναι φτωχοί σε ω-3 PUFA, σε αντίθεση με τα καρκινοειδή (Navarro and Villanueva, 2000) που εκτός του ότι αποτελούν τη φυσική τροφή του *O. vulgaris*, είναι τα μόνα με τα οποία έχει επιτευχθεί με σχετική επιτυχία η εκτροφή του (Villanueva, 1994, 1995).

Μεγάλη σημασία στην εκτροφή του χταποδιού πιθανόν να έχουν τα αμινοξέα. Η λυσίνη, η λευκίνη και η αργινίνη αντιπροσωπεύουν το 50% των σημαντικών αμινοξέων. Έτσι οι Villanueva *et al.*, (2004) αποφάσισαν μαζί να διαλύουν στο νερό δεξαμενών που εκτρέφονταν χταπόδια τα απαραίτητα αμινοξέα. Οι συγκεκριμένοι οργανισμοί τρέφονταν με εμπλουτισμένη *Artemia*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από 10 μέρες οι παραλάβρες λάμβαναν αυξημένες ποσότητες από τα διαλυμένα αμινοξέα. Μετά από 20 μέρες οι παραλάβρες που λάμβαναν αμινοξέα διαλυμένα στο νερό είχαν κατά μέσο την τριπλάσια επιβιωσιμότητα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες που δεν τους διαλύονταν αμινοξέα στις δεξαμενές. Το ξηρό τους βάρος όμως ήταν ίδιο ή και μικρότερο από τις άλλες. Η διάλυση των αμινοξέων στο νερό μαζί με μια πιο κατάλληλη διαίτα θα μπορούσαν να δώσουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Τα κυριότερα προβλήματα της εκτροφής είναι η υψηλή θνησιμότητα και ο χαμηλός ρυθμός αύξησης στο στάδιο της παραλάβρας. Γι' αυτό ορίστηκε μια ομάδα επιστημόνων που είτε σχετίζονται άμεσα με την εκτροφή του *O. vulgaris*, είτε με άλλους τομείς που συμβάλλουν στην εκτροφή του(η εύρεση της κατάλληλης τροφής, ο σωστός σχεδιασμός των δεξαμενών κ.α.). Οι Inglesias *et al.*, (2007) ως κύριους σκοπούς είχαν να περιγράψουν και να αναλύσουν τα διάφορα συστήματα εκτροφής των παραλαρβών, να εκτιμήσουν τις αιτίες της υψηλής θνησιμότητας κατά τη διάρκεια των δυο πρώτων μηνών και να οριστούν κατευθυντήριες γραμμές που θα πρέπει να ακολουθούνται κατά τη διάρκεια της εκτροφής. Η ομάδα διαπίστωσε ότι τα φωσφολιπίδια, τα λιπαρά οξέα, η χοληστερόλη ανάμεσα στα λιπίδια, η λυσίνη, η λευκίνη και η αργινίνη ανάμεσα στα αμινοξέα, και ο χαλκός ανάμεσα στα ιχνοστοιχεία παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της εκτροφής. Επίσης εικάζεται ότι η περιεκτικότητα σε PUFA, ιδιαίτερα DHA και EPA αποταλεί μια από τις κύριες θρεπτικές απαιτήσεις. Τα καλύτερα αποτελέσματα έχουν δώσει τροφές που περιέχουν υψηλά ποσοστά PUFA (Itami *et al.*, 1963; Villanueva, 1995; Inglesias *et al.*, 2002, 2004; Corraso *et al.*, 2003, 2005; Okamura *et al.*, 2005). Ικανοποιητικά αποτελέσματα για περίοδο περίπου ενός μήνα έχουν δώσει οι δίαιτες όπου χρησιμοποιήθηκαν *Artemia* εμπλουτισμένη με *Nannochloopsis* sp. Παρόλα αυτά για να

επιτευχθούν καθοριστικά αποτελέσματα πρέπει να χορηγηθούν ως τροφή καρκινοειδή. Οι δεξαμενές αποτελούν ένα ακόμα πεδίο που πρέπει να ερευνηθεί (ο τύπος και ο σχεδιασμός, η χωρητικότητα), το νερό (ποιότητα, διαταράξεις και κυκλοφορία) καθώς και η εύρεση νέων τύπων ζωντανής τροφής (κοπήποδα, καρκινοειδή κ.α.). Τέλος τα διάφορα ιδρύματα που διεξάγουν έρευνα πάνω στο *O. vulgaris* θα πρέπει να συνεργάζονται πιο στενά μεταξύ τους.

Οι Villanueva and Bustamante, (2006) μελέτησαν την συγκέντρωση των απαραίτητων και μη απαραίτητων ιχνοστοιχείων που περιέχονται στις παραλάρβες των κεφαλόποδων. Στα απαραίτητα ανήκαν τα (As, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, S, Sr, Zn) ενώ στα μη απαραίτητα τα (Ag, Al, Ba, Cd, Hg, Pb). Οι συγκεντρώσεις των μη απαραίτητων στις παραλάρβες είναι πολύ μικρότερες συγκρινόμενες με αυτές των ενήλικων ατόμων. Ένα ακόμα συμπέρασμα είναι ότι οι παραλάρβες κυρίως του *O. vulgaris* χρειάζονται τροφές πλούσιες σε Cu. Ο χαλκός είναι απαραίτητα στοιχείο της αιμοκυανίνης που μεταφέρει το οξυγόνο. Αντίθετα με τα άλλα κεφαλόποδα το χταπόδι δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε Ca γιατί δεν έχει σκελετό.

ΠΑΧΥΝΣΗ

Η εκτροφή του *O. vulgaris*, όπως και των άλλων ειδών για να είναι ολοκληρωμένη πρέπει να έχει τη δυνατότητα επίτευξης του πλήρους αναπαραγωγικού κύκλου στην αιχμαλωσία. Μέχρι σήμερα πραγματοποιείται πάχυνση που συνίσταται στη συλλογή νεαρών ατόμων από το βάρος των 750 g/άτομο και άνω, την τοποθέτησή τους σε κατάλληλες δεξαμενές (Inglesias *et al.*, 1998; Otero *et al.*, 1999) ή πλωτούς κλωβούς (Rama-Villar *et al.*, 1997) και τα οποία μέσα σε 4 μήνες εντατικής εκτροφής φθάνουν σε μέσο βάρος 2,5 -3,0 kg/άτομο (Sanchez *et al.*, 1998; Inglesias *et al.*, 2000; Luaces-Canosa and Rey-Mendez, 2001).

Μια εργασία σε κλειστό σύστημα διεξήχθη από τους Miliou *et al.*, (2005) όπου ερευνήθηκαν τα συνδυασμένα αποτελέσματα της θερμοκρασίας και του σωματικού βάρους στο ρυθμό αύξησης του *O. vulgaris*, της ποσότητας της τροφής που καταναλώνει, κατά πόσο είναι αποδοτική η τροφή, και το λόγο πρωτεΐνης /ενέργειας (P/E). Η θερμοκρασία για τη μέγιστη αύξηση του *O. vulgaris* εξαρτάται από το σωματικό βάρος και είναι μικρότερη για τα μεγαλύτερα άτομα (>170 g). Η θερμοκρασία για τη μέγιστη αποδοτικότητα της τροφής έτεινε κοντά σε αυτή που επιτυγχάνονταν και ο μέγιστος ρυθμός αύξησης. Σε μικρότερα άτομα (160g) η

θερμοκρασία μέγιστης απόδοσης της τροφής ήταν χαμηλότερη (15°C) σε σχέση με αυτή του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης (25°C). Σε αυτή τη περίπτωση ο ρυθμός αύξησης ελαττώνονταν ελαφρώς με τη μείωση της θερμοκρασίας. Ο καταβολισμός των πρωτεϊνών γινόταν καλύτερα στη θερμοκρασία του μέγιστου ρυθμού αύξησης. Η κατακράτηση των πρωτεϊνών στα μικρότερα άτομα (50-150 g) γινόταν καλύτερα στους 25°C ενώ στα μεγαλύτερα (200-600 g) γίνεται στους 15°C (Kibria *et al.*, 1997). Ο ρυθμός P/E ήταν ανεξάρτητος της θερμοκρασίας και του βάρους. Οι Katsanevakis *et al.*, (2005) βρήκαν ότι το χταπόδι τρέφεται με καλαμάρια χαμηλού λόγου O/N (οξυγόνο/ άζωτο) και συμπεράνανε ότι η καθημερινή ποσότητα πρωτεϊνών που καταναλώνονταν κάλυπτε τις απαιτήσεις σε άζωτο για το κοινό χταπόδι.

Στους 15°C μεγάλα άτομα *O. vulgaris* (>170g) που τράφηκαν με καλαμάρια είχαν μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης σε σύγκριση με άλλα που τράφηκαν με γόπες, όμως μικρότερο συγκρινόμενα με τρίτα που τράφηκαν με καρκινοειδή (Aguado Gimenez and Garcia Garcia, 2002). Αυτό οφείλονταν στον αυξημένο ρυθμό P/E (34,03) που είχαν τα τελευταία σε σύγκριση με αυτά που τράφηκαν με γόπες (27,70) ενώ η περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες είναι ίδια. Ο ρυθμός P/E για τα καρκινοειδή και τα καλαμάρια είναι περίπου ο ίδιος, με συνέπεια ο ρυθμός αύξησης να εξαρτάται από την ποσότητα της τροφής που καταναλώνεται. Στους 15°C το κοινό χταπόδι καταναλώνει μεγαλύτερη ποσότητα καρκινοειδών σε σχέση με τα καλαμάρια (Aguado Gimenez and Garcia Garcia, 2002). Η αποδοτικότητα της τροφής είναι μεγαλύτερη για τα τελευταία. Σε θερμοκρασίες άνω των 21°C παρατηρείται μείωση του βάρους και αυξημένη θνησιμότητα (Aguado Gimenez and Garcia Garcia, 2002). Η επώαση θα πρέπει να γίνεται μεταξύ 16-21°C.

Οι Garcia *et al.*, (2002) δοκίμασαν δυο δίαιτες που αποτελούνταν από δύο χαμηλού κόστους φυσικές τροφές. Η πρώτη είχε ως βάση το είδος *Boops boops* και η δεύτερη τη *Sardina pilchardus*. Κύρια σημεία του πειράματος ήταν η μελέτη του ρυθμού αύξησης, ο ρυθμός κατανάλωσης της τροφής και αν πραγματικά είναι κατάλληλες για την εκτροφή του *O. vulgaris*. Ως ποιοτικές μεταβλητές θεωρήθηκαν το φύλο και η τροφή που τους παρέχονταν, ενώ ως ποσοτικές το βάρος και η θερμοκρασία. Η τροφή που αποτελούνταν από *Boops boops* και *Trachurus mediterraneus* ήταν πιο φτωχή σε λιπίδια σε σχέση με αυτή που αποτελούνταν από *Sardina pilchardus* και *Sardinella aurita*. Αυτή η διαφορά είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς τα κεφαλόποδα μπορούν να καταβολίσουν περιορισμένη ποσότητα λιπιδίων. (Ballantyne 1981). Ο ρυθμός αύξησης ήταν μεγαλύτερος από τους εκτρεφόμενους ιχθείς και μπορούσε να συγκριθεί με αυτόν των χερσαίων θηλαστικών (Lee, 1994). Ο

ρυθμός αύξησης ήταν ο ίδιος και για τα δυο φύλα αλλά τα θηλυκά κατανάλωναν περισσότερη τροφή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα θηλυκά βιώνουν πολλές αλλαγές καθώς ωριμάζουν (O'Dor and Weels, 1978). Όσον αφορά τις τροφές, καλύτερα αποτελέσματα έδωσε αυτή που ήταν πιο φτωχή σε λιπίδια. Οι οργανισμοί που κατανάλωσαν τροφή πλούσια σε λιπίδια παράγαγαν λιπώδη επιπλέοντα απεκκρίματα (O'Dor, 1984) υποδεικνύοντας, ότι η πέψη των λιπιδίων ήταν ελάχιστη και ανεπαρκής. Παρόλα αυτά ορισμένα κεφαλόποδα αποθήκευαν ποσότητες λιπιδίων στο πεπτικό σωλήνα για να τα χρησιμοποιήσουν σε περίοδο ασιτίας. Το χταπόδι δεν είναι οργανισμός κοινωνικός. Δεν σχηματίζει μεγάλες ομάδες και γι' αυτό τον τρόπο η εκτροφή του διαφέρει από την εκτροφή των περισσότερων θαλάσσιων οργανισμών.

Ο Boyle (1980) μελέτησε την συμπεριφορά του *O. vulgaris* όταν τοποθετείται σε ομάδες σε δεξαμενές καθώς και την εύρεση φωλιάς. Είναι γνωστό ότι το χταπόδι συνηθίζει να φωλιάζει σε φυσικούς σχηματισμούς, ή συλλέγει πέτρες και κοχύλια για να δημιουργήσει τη φωλιά του. Η φωλιά του θεωρείται ο προσωπικός του χώρος. Τέσσερις φωλιές τοποθετήθηκαν σε δυο ζευγάρια *O. vulgaris*. Οι δυο ήταν φτιαγμένες από τούβλο, διαφορετικού μεγέθους η κάθε μία, και οι άλλες δυο ήταν φτιαγμένες από πλαστικό σωλήνα και ήταν ολόιδιες. Συνήθως προτιμούνταν μία από τις δυο φωλιές, και σε κάθε πείραμα κάθε ένας από τους οργανισμούς παρατηρούνταν να περνάει λίγο χρόνο σε αυτή. Η φωλιά όμως δεν αποτελούσε αποκλειστικό χώρο του κάθε οργανισμού. Η προτιμώμενη φωλιά ήταν πιο πιθανό να καταληφθεί από το μεγαλύτερο άτομο ή σε περίπτωση που οι δυο οργανισμοί είχαν το ίδιο μέγεθος από τον οργανισμό που εγκαταστάθηκε πρώτος. Μάλιστα έχει παρατηρηθεί και η ταυτόχρονη διαβίωση στον ίδιο χώρο για κάποιο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει κάποιο είδος κυριαρχίας καθώς το δυνατότερο άτομο αρπάζει βίαια τη τροφή από το ασθενέστερο και διαλέγει πρώτο φωλιά. Η συμπεριφορά πιθανώς να αλλάζει όταν οι δυο οργανισμοί έχουν το ίδιο μέγεθος.

Οι Fiorito and Gherardi (1999) μελέτησαν την ικανότητα του *O. vulgaris* να τρέφεται με δίθυρα μαλάκια ακολουθώντας την ίδια τακτική που χρησιμοποιεί και σε άλλα θηράματά του. Όταν η μέθοδος αποτύγχανε το χταπόδι κατέφευγε στο τρύπημα του κελύφους των δίθυρων, πράγμα που απαιτούσε περισσότερο χρόνο. Το *O. vulgaris* είναι ένας ευκαιριακός θηρευτής (Guerra 1978) και χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη στρατηγική κατά τη θήρεσή του (Packard 1963). Ελκύεται κυρίως από τον τρόπο που κινείται το θήραμα καθώς και από τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά. Επειδή είναι ιδιαίτερα περίεργοι οργανισμοί επιτίθενται σε πολλά πιθανά θηράματα. Στο παρόν πείραμα χορηγήθηκαν στα χταπόδια το δίθυρο *Callista*

chione (Εικ. 7), *Pecten jacobaeus* και *Pinna nobilis* που έχουν διαφορετικό μέγεθος το μεταξύ τους ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά του χταποδιού απέναντι στο κάθε ένα.



Εικόνα 7. *Octopus vulgaris* καθώς καταναλώνει *Callista chione*.

Η συμπεριφορά του *O. vulgaris* άλλαζε ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του θηράματος. Όταν χρειαζόταν να τρυπήσει το κέλυφος του θηράματος το χταπόδι χρειαζόταν από 30 min (*C. Chione*) μέχρι 137 min (*P. Nobilis*). Όταν το κέλυφος δεν χρειαζόταν τρύπημα το *C. Chione* καταναλώνονταν σε 1 λεπτό. Το *O. vulgaris* χρησιμοποιούσε την τακτική του τρυπήματος όταν λόγω του μεγάλου μεγέθους του θηράματος δεν μπορούσε να το τραβήξει εκτός κελύφους. Το τράβηγμα του θηράματος εκτός του κελύφους απαιτεί περισσότερη ενέργεια από το να τρυπάει το ίδιο το κέλυφος κατά 1,29 φορές περίπου (McQuaid, 1994). Παρόλο που το χταπόδι μπορεί να ασκήσει πολύ δύναμη κατά το τράβηγμα (Dilly *et al.*, 1964) εξαρτάται από το μέγεθος των βεντουζών του κατά πόσο θα τα καταφέρει (Nixon and Dilly, 1977). Η επιφάνεια του κελύφους επηρεάζει την αποδοτικότητα του τραβήγματος. Όταν οι βεντούζες δεν προσκολλούν καλά στο κέλυφος επειδή δεν είναι λείο τότε η τακτική του τραβήγματος αποτυχαίνει και το *O. vulgaris* καταφεύγει στο τρύπημα. Τα χταπόδια έχουν την τάση να υιοθετούν νέες τεχνικές και να μαθαίνουν εύκολα (Packard 1972, O'Dor 1991) πράγμα που μπορεί να βοηθήσει στην προσπάθεια εκτροφής τους.

Πάχυνση ενήλικων

Πάχυνση με βάση το αρχικό βάρος

Το 1995 41 άτομα του *O. vulgaris* αλιεύθηκαν (Inglesias et al., 1999) στην παράκτια περιοχή κοντά στο ωκεανογραφικό κέντρο στην περιοχή του Vigo (Ισπανία). Τα άτομα αυτά χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με τα ακόλουθα μέσα βάρη: 1340,0 g (Ομάδα 1), 580,0 g (Ομάδα 2), και 330,0 g (Ομάδα 3) απαρτιζόμενες από 10, 18, και 13 άτομα αντίστοιχα. Τετράγωνες δεξαμενές εκτροφής όγκου 5 και 10 m³ χρησιμοποιήθηκαν με ύψος νερού 1 m σε ανοικτό κύκλωμα. Η θερμοκρασία του νερού ήταν μεταξύ 13 και 19,5°C κατά την περίοδο της πάχυνσης (Αύγουστος 1995 με Ιούνιο 1996), η αλατότητα κυμαίνονταν μεταξύ 32 και 35‰ ενώ η ροή του νερού ήταν 1,2 m/h. Η τροφή παρέχονταν μόνο μια φορά την ημέρα και απαρτιζόνταν σε ποσοστό 80% από καρκινοειδή (*Polybius henslowi*, *macropipus corrugatus*, *carcinus maenas*), σε ποσοστό 15% από ψάρια (*Micromesistius proutassou*) ενώ το υπόλοιπο 5% ήταν κατεψυγμένα μαλάκια (*Mytilus sp.*). Μια φορά κάθε μήνα παίρνονταν δείγματα για το βάρος κάθε ατόμου.

Ο πρώτος στόχος με το πείραμα της ομάδας 1, που είχε το μεγαλύτερο αρχικό βάρος, ήταν να προσδιοριστεί το μέγιστο βάρος που μπορεί να επιτευχθεί υπό καθεστώς αιχμαλωσίας. Το βάρος αυτό ήταν 12300 g και επιτυγχάνονταν έπειτα από 10 μήνες πάχυνσης. Η ομάδα 3 που είχε και το μικρότερο αρχικό βάρος χρειάστηκε μόλις 4 μήνες για να φθάσει το εμπορικό μέγεθος των 2200 g. Η ομάδα 2 έπειτα από πάχυνση 8 μηνών είχε άτομα με βάρος 5400 g. Η θνησιμότητα έφτασε το 3% στην ομάδα 3 όπου και απαρτιζόνταν από τα νεότερα άτομα και μόνο τις πρώτες εβδομάδες που ήταν το στάδιο προσαρμογής.

Πάχυνση με βάση το φύλο

Σκοπός της πάχυνσης με βάση το φύλο ήταν η βελτίωση της όλης διαδικασίας της πάχυνσης, καθώς όταν εκτρέφονται ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άτομα αποφεύγεται η γονιμοποίηση των δευτέρων από τα πρώτα και η θνησιμότητα μετά την εναπόθεση των αυγών. 57 άτομα χωρίστηκαν με βάση το φύλο και μεταφέρθηκαν σε δυο τετράγωνες δεξαμενές χωρητικότητας 8 m³ με συνθήκες παρόμοιες με τους οργανισμούς που χωρίστηκαν κατά αρχικό βάρος, και κρατήθηκαν στις δεξαμενές για πέντε μήνες (Δεκέμβριος 1997 μέχρι Απρίλιο 1998). Τα μέσα αρχικά βάρη για τα αρσενικά και τα θηλυκά ήταν 637,0g και 657,0 g αντίστοιχα. Μηνιαία δείγματα λαμβάνονταν για να καταγραφεί το βάρος. Η τροφή απαρτιζόνταν κυρίως από

καταψυγμένα καρκινοειδή. Ο καθημερινός ρυθμός υπολογίζονταν από το ποσοστό της βιομάζας στις δεξαμενές. Φωτοπερίοδος 12L:12D χρησιμοποιήθηκε.

Ο ρυθμός αύξησης στα αρσενικά ήταν σημαντικά υψηλότερος ($p < 0,05$) εν συγκρίσει με αυτόν των θηλυκών. Ύστερα από 5 μήνες, το μέσο βάρος των αρσενικών είχε φτάσει τα 3624 g, ενώ το μέσο βάρος των θηλυκών ήταν 2780 g. Ο καθημερινός ρυθμός ήταν 7% στην αρχή του πειράματος, ενώ στο τέλος μειώθηκε στο 3,5%. Η θνησιμότητα κατά τη διάρκεια των 4 πρώτων μηνών ήταν 4% για τα αρσενικά και 6,7% για τα θηλυκά. Τον πέμπτο μήνα παρατηρήθηκε μια αύξηση στη θνησιμότητα και στα δυο φύλα (13 και 10,7% αντίστοιχα). Ο χωρισμός με βάση το φύλο βελτίωσε το ρυθμό αύξησης των θηλυκών καθώς δεν γεννούσαν αυγά και συνέχιζαν να αυξάνονται μέχρι να φτάσουν το εμπορικό μέγεθος. Λόγω της αύξησης της θνησιμότητας στο τέλος του πειράματος και για να επιτευχθεί μεγαλύτερη παραγωγή συνιστάται η παράταση της πάχυνσης παραπάνω από 3 Kg για τα αρσενικά και 2.5 Kg για τα θηλυκά (Sanchez *et al.*, 1998). Παρόλο που δεν αποδείχθηκε στο πείραμα η καλή ένταση φωτός που χρησιμοποιήθηκε πιθανώς να επηρέασε τον καλό ρυθμό αύξησης που παρατηρήθηκε στη δεξαμενή των θηλυκών.

Πάχυνση σε διαφορετικές πυκνότητες

Σκοπός της πάχυνσης σε διαφορετικές πυκνότητες ήταν ο υπολογισμός της επίδρασης της αρχικής ιχθυοφόρτισης στο ρυθμό αύξησης. Για την επίτευξη αυτού 55 άτομα χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, και μεταφέρθηκαν σε δυο δεξαμενές χωρητικότητας 1600ℓ, με ροή νερού 0,02m³/Kg/h. Η θερμοκρασία κατά την περίοδο του πειράματος (Νοέμβριος 1998 με Μάρτιος 1999) κυμαίνονταν μεταξύ 13 και 16°C, ενώ η αλατότητα μεταξύ 32 και 35‰. Η πρώτη ομάδα (Ομάδα 1) απαρτιζονταν από 37 χταπόδια με μέσο βάρος 872,9 g και αρχική πυκνότητα 20Kg/m³. Η δεύτερη ομάδα (Ομάδα 2) απαρτιζονταν από 18 χταπόδια με μέσο βάρος 883,1 g και αρχική πυκνότητα 10Kg/m³. Πλαστικοί κύλινδροι τοποθετήθηκαν μέσα στις δεξαμενές (διάμετρος 25 cm) για να μείνουν τα άτομα. Η περίοδος της πάχυνσης διαρκούσε τέσσερις μήνες, κατά τη διάρκεια των οποίων κάθε δυο εβδομάδες λαμβάνονταν δείγματα ώστε να καταγραφεί το βάρος. Την ίδια στιγμή μετρούνταν και το επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Η τροφή απαρτιζονταν από τα είδη *Carcinus maenas* και *Micromesistius poutassou* σε ποσοστό 80:20 και παρέχονταν μια φορά κάθε μέρα ενώ καταγράφονταν και η μη καταναλωθείσα τροφή. Το καθημερινό ποσοστό ήταν το 7% της συνολικής βιομάζας της δεξαμενής. Η φωτοπερίοδος ήταν

12L:12D με μεγάλη ένταση φωτός.

Στο παραπάνω πείραμα τα τελικά βάρη που επιτεύχθηκαν ήταν 2205,0 και 2746,5 g για τις ομάδες 1 και 2 αντίστοιχα. Η αύξηση ήταν μεγαλύτερη στη δεξαμενή με τη μικρότερη αρχική πυκνότητα. Η μετατρεψιμότητα της τροφής ήταν καλύτερη στην ομάδα 2. Οι τελικές ιχθυοπυκνότητες ήταν 45,5 και 29,2 Kg/m³ για τις ομάδες 1 και 2. Η θνησιμότητα κατά τη διάρκεια των τεσσάρων μηνών ήταν μικρότερη στην ομάδα 2. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η πάχυνση βελτιώνεται όταν η αρχική ιχθυοπυκνότητα είναι 10 kg/m³ (Oterro et al., 1999).

Οι καλύτερες συνθήκες για να πραγματοποιηθεί η αύξηση είναι η ιχθυοπυκνότητα να μην ξεπερνάει τα 10 Kg/m³, τα θηλυκά να εκτρέφονται σε διαφορετικές δεξαμενές από τα αρσενικά καθώς και να τοποθετούνται τεχνητές φωλιές στις δεξαμενές σε αριθμό ίσο με τον αριθμό των ατόμων. Υπό αυτές τις συνθήκες δεν παρατηρήθηκε κανένα σοβαρό πρόβλημα κανιβαλισμού ούτε και ανταγωνισμού για την τροφή. Άτομα 750 g στα οποία χορηγούνται ως τροφή καρκινοειδή και χαμηλής εμπορικής αξίας ψάρια, μπορούν να φτάσουν το εμπορικό μέγεθος των 2,5 με 3 Kg σε μια περίοδο τριών με τεσσάρων μηνών με θνησιμότητα που δεν ξεπερνά το 10-15%.

Οι Rodriguez *et al.*, (2006) διεξήγαγαν ένα πείραμα με σκοπό να πάρουν περισσότερες πληροφορίες για την πάχυνση του *O. vulgaris* σε πλωτούς κλωβούς (Εικ.8), όσο αναφορά την αύξηση του υπό καθορισμένες συνθήκες ανάλογα με τις διάφορες εποχές του έτους.



Εικόνα 8. Πλωτοί κλωβοί που χρησιμοποιούνται για την πάχυνση του *Octopus vulgaris*.

Στα άτομα ως τροφή χορηγήθηκαν χαμηλής οικονομικής αξίας

απορριπτόμενα ψάρια τα οποία αποτελούν και τη βασική τροφή του. Το χταπόδι δεν θα μπορούσε να εκτραφεί σε υψηλές πυκνότητες καθώς το κάθε άτομο χρειάζεται το δικό του χώρο και ένα μέρος που θα χρησιμοποιεί ως φωλιά. Συνεπώς τέτοια μέρη θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στους κλωβούς εκτροφής. Οι φωλιές βελτιώνουν το ρυθμό αύξησης (Rama-Villar *et al.*, 1997). Το *O. vulgaris* δεν αντέχει αλατότητες κάτω από 29-30‰ και χρειάζεται καθαρό καλά οξυγονωμένο νερό (Boletzky and Halon, 1983). Γι' αυτό είναι σημαντικό η εκτροφή να μην τοποθετείται κοντά σε περιοχές που εκβάλλουν ποταμοί. Ο κανιβαλισμός δεν αποτέλεσε ιδιαίτερο πρόβλημα, εμφανίζονταν όμως όταν δεν υπήρχε αρκετή τροφή ή όταν υπήρχαν μεγάλες ανομοιομορφίες ανάμεσα στα μεγέθη των ατόμων (Halon and Messenger, 1996). Το πρόβλημα αποφεύγεται με τη χορήγηση επαρκούς ποσότητας τροφής και συχνή διαλογή ατόμων. Την περίοδο της άνοιξης με αρχές του καλοκαιριού η θνησιμότητα ήταν μεταξύ 34,5% και 51,5% ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ήταν από 16% ως 25%. Σε θερμοκρασίες άνω των 23°C παρατηρείται μια αύξηση στο ρυθμό μείωσης του βάρους και στη θνησιμότητα (Agouado and Garcia, 2002). Οι μέγιστοι ρυθμοί αύξησης παρατηρήθηκαν το καλοκαίρι με αρχές του φθινοπώρου, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Σύμφωνα με τον Otero *et al.*, (1999) η αρχική πυκνότητα δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 10kg/m³. Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ενθαρρυντικά για την εκτροφή του χταποδιού σε πλωτούς κλωβούς. Ξεκινώντας τη διαδικασία της πάχυνσης με άτομα που ζυγίζουν περίπου 1 kg, με ιχθυοπυκνότητα 10-12 kg/m³, θερμοκρασία 15-21°C και με μια διατροφή που βασίζεται σε ποσοστό 25% σε καρκινοειδή, είναι δυνατό να λάβουμε άτομα 3-4 kg σε τρεις προοδευτικούς κύκλους των 3 μηνών, με ένα ρυθμό αύξησης 1,5% και θνησιμότητα λιγότερο του 20%. Περιοριστικό παράγοντα αποτελεί το ότι τα άτομα συλλαμβάνονται στη θάλασσα και δεν είναι δυνατόν αν προμηθευτούν από εκτροφεία. Για να γίνει εφικτή, σε οικονομικό επίπεδο, η εκτροφή του πρέπει να ξεπεραστούν τα διάφορα προβλήματα στο στάδιο της παραλάρβας.

Οι δίαιτες για το *O. vulgaris* βασίζονται κατά κύριο λόγο στα καρκινοειδή. Όμως η βιομάζα των καρκινοειδών που συλλαμβάνουν οι τράτες δεν είναι μεγάλη (Garcia Garcia and Aguado, 2000). Καθώς θα αυξάνεται η εκτροφή του, οι ανάγκες σε καρκινοειδή θα μεγαλώνουν, και συνεπώς και η τιμή τους. Έτσι τα καρκινοειδή θα αποτελέσουν ένα περιοριστικό παράγοντα στο κέρδος από την εκτροφή του χταποδιού (Garcia Garcia *et al.*, 2004). Με γνώμονα τα παραπάνω οι Garcia Garcia and Valverde, (2006) έκαναν πειράματα ώστε να υπολογίσουν την ελάχιστη δυνατή ποσότητα σε καρκινοειδή και *Boops boops*, ώστε η εκτροφή του *O. vulgaris* να είναι

όσο το δυνατό πιο προσοδοφόρα. Άτομα που τράφηκαν αποκλειστικά με καρκινοειδή ήταν διπλάσια σε βάρος από αυτά που τράφηκαν αποκλειστικά με γόπες. Όσο αυξανόταν το ποσοστό σε γόπες τόσο μειωνόταν ο ρυθμός αύξησης και η πεπτικότητα της τροφής. Ορισμένοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι οι συνδυασμένες δίαιτες δίνουν καλύτερα αποτελέσματα από αυτές που αποτελούνται από ένα μόνο είδος (Smale and Buchan, 1981; Caguetta and Sublimi, 2000). Μια τακτική ιδιαίτερα οικονομική είναι η χορήγηση καρκινοειδών για μία μέρα και τις επόμενες τρεις μέρες η χορήγηση γοπών. Η αύξηση βέβαια είναι μικρότερη αλλά χρειάζονται μόλις 15 μέρες περισσότερες για να φτάσουν οι οργανισμοί το επιθυμητό βάρος, σε σχέση με άλλους που εναλλάσσουν τις τροφές μέρα παρά μέρα. Το κόστος μειώνεται σε τέτοιο βαθμό ώστε οι επιπλέον μέρες να μην το επηρεάζουν ιδιαίτερα. Τα λιπίδια στην τροφή θα πρέπει να περιέχονται σε ποσοστά 0,79-2,65%. Ποσοστά μεγαλύτερα από αυτά μειώνουν το ρυθμό αύξησης. Στο φυσικό του περιβάλλον το χταπόδι καταναλώνει καρκινοειδή σε ποσοστό 62-80%, και μόλις το υπόλοιπο 12-30% είναι ψάρια. (Nigmatullin and Ostapenko, 1976; Guerra, 1978).

Επιπτώσεις πάχυνσης στο θαλάσσιο περιβάλλον

Η Ευρωπαϊκή ένωση δείχνει ιδιαίτερη ευαισθησία σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό προωθεί ερευνητικά προγράμματα όπου θα μελετάται η ρύπανση του περιβάλλοντος από τις υδατοκαλλιεργητικές δραστηριότητες. Το ποσό των απεκκριμάτων εξαρτάται από τον τύπο της εκτροφής, το είδος και την τροφή που χρησιμοποιούνται (Wu, 1995). Μια γενική μέθοδος ποσοτικοποίησης της τροφής αποτελεί η επόμενη εξίσωση (Εξίσωση 1):

$$\text{Καταναλωθείσα τροφή} = \text{Σωματική Αύξηση} + \text{Αποχωρήματα (faeces)} + \text{Απεκκρίσεις (excretion)}$$
 (Cho *et al.*, 1991; Cho and Bureau, 1998; Lupatsch and Kissil, 1998; Leung *et al.*, 1999; Aguado Gimenez and Garcia Garcia, 2006). Βασιζόμενοι στον υπολογισμό της πεπτικότητας του φωσφόρου και του αζώτου που περιέχονται στην τροφή, υπολογίζεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Τα απορρίμματα που παράγει μια μονάδα εκτροφής χταποδιού διαφέρουν σε ποσότητα και σε σύσταση από αυτά μονάδων εκτροφής άλλων ειδών. Μεγάλο μέρος της τροφής που χορηγείται δεν πέπτεται, και είναι αυτό το μέρος της τροφής που περιέχονται κατά κύριο λόγο το άζωτο και ο φώσφορος. Αυτή η ποσότητα απελευθερώνεται συνεπώς στο περιβάλλον. Τα ποσά αυτά από μόνα τους δεν μπορούν αν προκαλέσουν ευτροφισμό (Beveridge *et al.*, 1991; Pitta *et al.*, 1999; Karakassis, 2001) αφού αποσυντίθενται

ταχύτητα. Επίσης επειδή στο *O. vulgaris* χορηγείται ζωντανή τροφή, το πιο πιθανό σενάριο είναι η τροφή που δεν θα καταναλώνει το ίδιο να καταναλώνεται από άλλους ευκαιριακούς θηρευτές. Για να μειωθεί ακόμα περισσότερο η επιβάρυνση στο περιβάλλον θα πρέπει να μειωθεί όσο είναι δυνατό το ποσοστό της τροφής που δεν καταναλώνεται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aguado, F., García, B., 2002. Growth and food intake models in *Octopus vulgaris* Cuvier (1797): influence of body weight, temperature, sex and diet. *Aquac. Int.* **10**: 361–377.
- Aguado Giménez, F., García García, B., 2006. Gross metabolic waste output estimates using a nutritional approach in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus*) under intensive fattening conditions in western Mediterranean Sea. *Aquac. Res.* **37**: 1254–1258
- Ballantyne, J.S., Hochachka, P.W., Mommsen, T.P., 1981. Studies on the metabolism of the migratory squid, *Loligo opalescens*: enzymes of tissues and heart mitochondria. *Mar. Biol. Lett.* **2**, 75– 85.
- Beveridge, M.C.M, Phillips, M.J., Clarke, R., 1991. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: Brune, D.E., Tomasso, J.R. (Eds.), *Advances in World Aquaculture*, . World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A. **3**, 506–533.
- Boletzky S. Von, 1987, Embryonic phase, in: Boyle P.R. (Ed.), *Cephalopod Life Cycles, Comparative Reviews*, Academic Press, London. **2**, 5-31.
- Boletzky S. Von, 1994, Embryonic development of cephalopods at low temperatures, *Antarct. Sci.* **6**: 139-142.
- Boletzky, S.v., Hanlon, R.T., 1983. A review of the laboratory maintenance, rearing and culture of cephalopod molluscs. *Mem. Natl. Mus. Vic.* **44**, 147–187.
- Boyle, P. R. , 1980. HOME OCCUPANCY BY MALE *OCTOPUS VULGARIS* IN A LARGE SEA WATER TANK. *Anima. Behav.* **28**, 1123-1126
- Cagnetta, P., Sublimi, A., 2000. Productive performance on the common octopus (*Octopus vulgaris* C.) when fed on a monodiet. Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. CIHEAM, Cah. Options Mediterr. **47**, 331– 336.

- Caveriviere A., Domain F., Diallo A., Observations on the influence of temperature on the length of embryonic development in *Octopus vulgaris* (Senegal). *Aquat. Living Resour.* **12** (2), 151 - 154
- Cho, C.Y., Bureau, D.P., 1998. Development of bioenergetic models and the Fish Pr-FEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquat. Living Resour.* **11** (4): 199–210.
- Cho, C.Y., Hynes, J.D., Wood, K.R., Yoshida, H.K., 1991. Quantification of fish culture waste by biological (nutritional) and chemical (limnological) methods: the development of high nutrient dense (HND) diets. In: Cowey, C.B., Cho, C.Y. (Eds.), *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. Proc. 1st Int. Symp. Nutr. Stra. Manag. Aquac. Waste, Guelph, Ontario, Canada, 37–50.
- Dilly, N., Nixon, M., Packard, A., 1964. Forces exerted by *Octopus vulgaris*. *Pubbl. Stn. Zool. Napoli* **34**, 86–97.
- Fiorito G., Gherardi F., 1999. Prey-handling behaviour of *Octopus vulgaris* (Mollusca, Cephalopoda) on Bivalve preys. *Behavioural Processes*. **46**, 75–88
- Garcia Garcia, B., Aguado Gimenez, F., 2002. Influence of diet on on-growing and nutrient utilization in the common octopus (*Octopus vulgaris*). *Aquaculture* **211**, 171–182.
- Garcia Garcia, B., Cerezo, J., 2004. Influencia del número de días de ayuno a la semana sobre el crecimiento, el índice de conversión y la supervivencia en el pulpo de roca (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797). *Revista AquaTIC*, no 21, Julio–Diciembre 2004.
- Garcia Garcia B., Valverde J., C., 2006. Optimal proportions of crabs and fish in diet for common octopus (*Octopus vulgaris*) on-growing. *Aquaculture* **253**, 502–511
- Guerra, A., 1978. Sobre la alimentación y el comportamiento alimentario de *Octopus vulgaris*. *Inv. Pesq.* **42**, 351–364.

- Hamasaki, K., Takeuchi, T., 2001. Dietary value of Artemia with Nyeast or shark eggs as food for planktonic larvae of Octopus vulgaris. Saibai-Giken **28**, 65–68. (in Japanese).
- Hanlon, R.T., Messenger, J.B., 1996. Cephalopod Behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, 232
- Iglesias, J., Sanchez, F.J., Otero, J.J., 1997. Primeras experiencias sobre el cultivo integral del pulpo (Octopus vulgaris, Cuvier) en el Instituto Español de Oceanografía. In: de Costa, J., Abella'n, E., García García, B., Ortega, A., Zamora, S. (Eds.), Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura, Cartagena 9 – 11 de Julio de 1997. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 221–226.
- Iglesias J., Sanchez F.J., Otero J.J., Moxica C.,1999. Culture of octopus (*octopus vulgaris*, Cuvier) : present knowledge, problemw and perspectives. *Seminar on Mediterranean Marine Aquaculture Finfish Species Diversification. T.E.C.A.M. Zaragoza. Mayo 1999(in press)*
- Iglesias, J., Otero, J.J., Moxica, C., Fuentes, L., Sánchez, F.J., 2002. Paralarvae culture of octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier) using Artemia and crab zoeae and first data on juvenile growth up to eight months of age. Aquaculture Europe 2002. *European Aquaculture Society. Special Publication*, **32**, 268–269.
- Iglesias, J., Otero, J.J., Moxica, C., Fuentes, L., Sánchez, F.J., 2004. The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarval rearing using Artemia and zoeae, and first data on juvenile growth up to 8 months of age. *Aquac. Int.* **12**, 481–487.
- Iglesias J.,, Sánchez F.J. ,. Bersano J.G.F , Carrasco J.F. , Dhont J. , Fuentes L. , Linares F. , Muñoz J.L. , Okumura S. , Roo J. , van der Meeren iT., Vidal E.A.G. , Villanueva R.,2007. Rearing of Octopus vulgaris paralarvae: Present status, bottlenecks and trends. *Aquaculture* .**266** , 1–15

- Itami, K., Izawa, Y., Maeda, S., Nakai, K., 1963. Notes on the laboratory culture of the octopus larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi* **29**, 514–519. (in Japanese with English abstract).
- Karakassis, I., 2001. Ecological effects of fish farming in the Mediterranean. Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms. *Cah. Option Médit.*, **55**, 15–22.
- Katsanevakis, S., Stephanopoulou, S., Miliou, H., Moraitou-Apostolopoulou, M., Verriopoulos, G., 2005. Oxygen consumption and ammonia excretion of *Octopus vulgaris* (Cephalopoda) in relation to body mass and temperature. *Mar. Biol.* **146**, 725–732.
- Kibria, G., Negegoda, D., Fairclough, R., 1997. Nitrogen pollution from aquaculture: Nitrogen losses and nitrogen retention by silver perch *Bidyanus bidyanus* (Mitchell, 1838) (Teraponidae). Joint Conference of Australian Society for Fish Biology (ASFB) and Fish and Aquatic Resource Management Association of Australia (FARMAA), 15–19 July, Darwin, Northern Territory, Australia. Abstract.
- Lee, P.G., 1994. Metabolic substrates in cephalopods. In: Portner, H.O., O'Dor, R.K., MacMillan, D.L. (Eds.), *Physiology of Cephalopod Molluscs, Lifestyle and Performance Adaptations*. Gordon & Breach, Switzerland, 35–51.
- Leung, K.M.I., Chu, J.C.W., Wu, R.S.S., 1999. Nitrogen budgets for the aerolated grouper *Epinephelus areolatus*, cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* **186**, 271–281.
- Lupatsch, I., Kissil, G.W., 1998. Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquat. Living Resour.* **11** (4), 265–268.
- McQuaid, C.D., 1994. Feeding behaviour and selection of bivalve prey by *Octopus vulgaris* Cuvier. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **177**, 187–202.

- Mangold, K.M., 1983. *Octopus vulgaris*. In: Boyle, P.R. (Ed.), 1983. *Cephalopod Life Cycles*, vol. 1. Academic Press, London, 335–364.
- Mangold, K.M., von Boletzky, S.V., 1973. New data on reproductive biology and growth of *Octopus vulgaris*. *Mar. Biol.* **19**, 7–12.
- Mangold-Wirz, K., 1963. Biologie de cephalopodes benthiques et nectoniques de la mer catalane. *Vie et Milieu (Suppl.)* **13**, 1- 285.
- Mather, J.A., O’Dor, R.K., 1991. Foraging strategies and predation risk shape the natural history of juvenile *Octopus vulgaris*. *Bull. Mar. Sci.* **49**, 256–269.
- Mazón M. J., Piedecausa M.A., Hernández M.D., García García B.,2007. Evaluation of environmental nitrogen and phosphorus contributions as a result of intensive ongrowing of common octopus (*Octopus vulgaris*). *Aquaculture*. 266, 226–235
- Miliou H., Fintikaki M., Kountouris T.,Verriopoulos G.,2005. Combined effects of temperature and body weight on growth and protein utilization of the common octopus, *Octopus vulgaris*. *Aquaculture*. **249**, 245– 256
- Navarro, J.C., Villanueva, R., 2000. Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. *Aquaculture* **183**, 161–177.
- Navarro, J.C., Villanueva, R., 2003. The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food: S. Okumura et al. / *Aquaculture* 244 (2005) 147–157 156 deviation from their natural fatty acid profile. *Aquaculture* **219**, 613–631.
- Navarro J. C., Villanueva R.,2003. The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food: deviation from their natural fatty acid profile. *Aquaculture*. **219**, 613–631
- Nigmatullin, Ch.M., Ostapenko, A.A., 1976. Feeding of *Octopus vulgaris* from the North West African coast. ICES C.M. 1976/K **6**, 1 –15.

- Nixon, M., Dilly, P.N., 1977. Sucker surfaces and prey capture. *Symp. Zool. Soc. Lond.* **38**, 447–511.
- O'Dor, R.K., Wells, M.J., 1978. Reproduction versus somatic growth: hormonal control in *Octopus vulgaris*. *J. Exp. Biol.* **77**, 15–31.
- O'Dor, R.K., Wells, M.J., 1987. Energy and nutrient flow. In: Boyle, P.R. (Ed.), *Cephalopod Life Cycles. Academic Press, London.* **2**, 109–133.
- O'Dor, R.K., Mangold, K., Boucher-Rodoni, R., Wells, M.J., Wells, J., 1984. Nutrient absorption, storage and remobilization in *Octopus vulgaris*. *Mar. Behav. Physiol.* **11**, 239–258.
- Okumura S., Kurihara A., Iwamoto A., Takeuchi T., 2005. Improved survival and growth in *Octopus vulgaris* paralarvae by feeding large type *Artemia* and Pacific sandeel, *Ammodytes personatus* Improved survival and growth of common octopus paralarvae. *Aquaculture.* **244**, 147–157
- Otero, J.J., Moxica, C., Sánchez, F.J., Iglesias, J., 1999. Engorde de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier) a diferentes densidades de estabulación. Libro de resúmenes. VII Congreso Nacional de Acuicultura. Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 19–21 May.
- Packard, A., 1963. The behaviour of *Octopus vulgaris*. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco* **1D**, 35–49.
- Packard, A., 1972. Cephalopods and fish: the limits of convergence. *Biol. Rev.* **47**, 241–307.
- Pitta, P., Karakassis, I., Tsapakis, M., Zivanovic, S., 1999. Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia* **391**, 181–194.

- Quetglas A., Alemany F., Carbonell A., Merella P., Sanchez P., 1998. Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean), *Fisheries Research* **36**, 237-249
- Rama-Villar, A., Faya-Angueira, V., Moxica, C., Rey-Méndez, M., 1997. Engorde de pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier), en batea. Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura, Cartagena, Spain, 9–11 July.
- Rees W.J., The distribution of *Octopus vulgaris* Lamark in British waters, *J. Mar. Biol. Assoc. UK* **29** (1950) 361-382.
- Rodríguez C., Carrasco J.F., Arronte J.C., Rodríguez M., 2006. Common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) juvenile on growing in floating cages. *Aquaculture* **254**, 293–300
- Smale, M.J., Buchan, P.R., 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the east coast of South Africa. *Mar. Biol.* **65**, 1–12.
- Villanueva, R., 1994. Decapod crab zoeae as food for rearing cephalopod paralarvae. *Aquaculture* **128**, 143– 152.
- Villanueva, R., 1995. Experimental rearing and growth of planktonic *Octopus vulgaris* from hatching to settlement. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**, 2639– 2650.
- Villanueva, R., Koueta, N., Riba, J., Boucaud-Camou, E., 2002. Growth and proteolytic activity of *Octopus vulgaris* paralarvae with different food rations during first feeding, using *Artemia* nauplii and compound diets. *Aquaculture* **205**, 269– 286.
- Villanueva R., Riba J., Rui'z-Capillas C., Gonzalez A.V., Baeta M., 2004. Amino acid composition of early stages of cephalopods and effect of amino acid dietary treatments on *Octopus vulgaris* paralarvae. *Aquaculture* **242**, 455–478

Villanueva R., Bustamante P., 2006. Composition in essential and non-essential elements of early stages of cephalopods and dietary effects on the elemental profiles of *Octopus vulgaris* paralarvae. *Aquaculture*, **261**, 225–240

Wells, M.J., 1978. Octopus. Physiology and Behaviour of an Advanced Invertebrate. Chapman & Hall, London, 417

Wu, R.S.S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Mar. Pollut. Bull.* **31**, 159–166.

