



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



«ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΑΣΠΟΝΔΥΛΑ: ΟΛΟΘΟΥΡΙΑ – ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ, ΜΕΘΟΔΟΙ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΠΡΟΪΟΝΤΑ
COMMERCIAL INVERTEBRATES: HOLOTHUROIDEA – CULTURE, PROCESSING
METHODS & PRODUCTS »



Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας
Ειρήνη Δρίτσα Α.Μ.: 14435
Εισηγητής: Β. Λουγκοβόης, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2021

Μέλη Επιτροπής

Λουγκοβόης Βλαδήμηρος

Κυρανά Βασιλική

Μπρατάκος Σωτήριος

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ειρήνη Δρίτσα του Ευάγγελου , με αριθμό μητρώου 14435 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη - Abstract	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 Ασπόνδυλα: Ετυμολογική προσέγγιση	6
1.2 Εχινόδερμα	7
1.3 Ολοθούρια – Holothuria Tubulosa	9
1.3.1 Γενικά.....	9
1.3.2 Μορφολογία - Εξωτερικά Χαρακτηριστικά.....	10
1.3.3 Σκελετικό Σύστημα.....	11
Υδροφορικό Σύστημα	12
Πεπτικό Σύστημα	13
Αιματικό Σύστημα	15
Μετακίνηση	16
Αναπαραγωγή	17
Γεωγραφική Εξάπλωση	18
Κεφάλαιο 2	20
2.1 Υδατοκαλλιέργεια & Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	20
2.2 Υδατοκαλλιέργεια στη Μεσόγειο	23
2.3 Υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα	24
Κεφάλαιο 3	25
Νομοθεσία, Εμπόριο, Εκτροφή και Θρεπτική Αξία Ολοθούριων	25
3.1 Εισαγωγικά στοιχεία	25
3.2 Αλίευση ολοθούριων	27

3.3 Υπεραλίευση ολοθούριων.....	28
3.4 Διεθνή Μέτρα για την Αλίευση Ολοθούριων	30
3.5 Ελληνική Νομοθεσία	33
3.6 Μέθοδος επεξεργασίας ολοθούριων	34
3.6.1 Θέρμανση και ψύξη	35
3.6.2 Εκσπλαχνισμός.....	35
3.6.3 Αλάτιση.....	37
3.6.4 Μαγείρεμα.....	37
3.6.5 Ξήρανση και αποθήκευση.....	38
3.6.6 Παραδείγματα καλής και κακής επεξεργασίας ολοθουρίων	38
3.7 Εμπόριο και προϊόντα στην αγορά.....	41
3.8 Εκτροφή ολοθούριων.....	45
3.8.1 Συλλογή γεννητόρων και συντήρηση των ζώων	46
3.8.2 Ωτοκία και εκτροφή προνύμφων	47
3.8.3 Εκτροφή ανήλικων ολοθούριων	51
3.9 Θρεπτική αξία ολοθούριων.....	53
3.9.1 Μέθοδοι προσδιορισμού θρεπτικών συστατικών ολοθούριων	53
3.9.2 Θρεπτικά συστατικά νωπών και αποξηραμένων ολοθούριων	53
3.10 Μελέτες στην θρεπτική αξία και τη θεραπευτική δράση των ολοθούριων.....	54
<i>Συμπεράσματα.....</i>	59
<i>Βιβλιογραφία.....</i>	61
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	63
Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας.....	63
Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	64
Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	65
Προσδιορισμός τέφρας.....	66

Περίληψη - Abstract

Τα Ολοθούρια ταξινομούνται στα εχινόδερμα και είναι θαλάσσιοι οργανισμοί με παγκόσμια εξάπλωση. Αρκετά είδη ολοθούριων θεωρούνται εκλεκτά εδέσματα και αφού υποβληθούν σε κατάλληλη επεξεργασία, διατίθενται προς πώληση, κυρίως στην Ασιατική αγορά. Το εκχύλισμά τους χρησιμοποιείται για την παραγωγή φαρμάκων και καλλυντικών, καθώς θεωρείται ότι έχει πολλές τονωτικές και ευεργετικές ιδιότητες στην υγεία του ανθρώπου. Η τιμή του διαμορφώνεται ανάλογα με τη ζήτηση, το είδος και τον βαθμό καλής επεξεργασίας. Έχουν ξεκινήσει προσπάθειες υδατοκαλλιέργειας ολοθούριων τόσο σε χερσαίες όσο και σε θαλάσσιες εγκαταστάσεις. Γεννήτορες από το φυσικό περιβάλλον χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγική διαδικασία και τα νεαρά Ολοθούρια, αφού αναπτυχθούν σε ελεγχόμενες συνθήκες μπορούν να οδηγούν είτε για ανασύσταση του πληθυσμού στο φυσικό περιβάλλον είτε διατίθενται στην αγορά, μόλις αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος. Η θερμιδική τους αξία είναι μικρή και έχουν χαμηλή συγκέντρωση λίπους και υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης. Τέλος, έχει αποδειχθεί η αντιοξειδωτική δράση τους, καθώς και η βοήθεια που προσφέρουν στη ρύθμιση του σακχαρώδη διαβήτη.

Holothurians are classified as echinoderms and are marine organisms with a worldwide distribution. Several species of holothurians are considered fine delicacies and, when properly processed, are available for sale, mainly in the Asian market. Their extract is used in the production of medicines and cosmetics, as it is considered to have many tonic and beneficial properties in human health. Its price varies depending on the demand, the type and the degree of good processing. Efforts have been made to cultivate holothurians in both onshore and offshore facilities. Generators from the natural environment are used for the reproductive process and the young holothurians, after growing in controlled conditions can lead either to the reconstitution of the population in the natural environment or are placed on the market, once they reach marketable size. Their caloric value is low and they have low fat concentration and high protein concentration. Finally, their antioxidant activity has been proven, as well as the help they offer in the regulation of diabetes.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ασπόνδυλα: Ετυμολογική προσέγγιση

Όπως δηλώνει και η ίδια η ονομασία τους, στα «ασπόνδυλα», περιλαμβάνονται τα ζώα τα οποία δε φέρουν σπονδυλική στήλη, στον αντίποδα με τα σπονδυλωτά, όπως παραδείγματος χάριν αμφίβια και ψάρια. Ευρέως διαδεδομένα ασπόνδυλα χαρακτηρίζονται τα έντομα, οι αράχνες, οι σκορπιοί, τα σαλιγκάρια (χερσαία και υδρόβια), σκώληκες, αλλά και οι συγγενείς τους στην θάλασσα (σουπιές, καλαμάρια, χταπόδια), τα καβούρια, οι αχινοί, οι μέδουσες, οι σπόγγοι και τα κοράλλια.

Τα ασπόνδυλα αποτελούν την πολυπληθέστερη κατηγορία ζώων, καθώς και την πλέον ποικιλόμορφη, με είδη που διαβιούν τόσο στην στεριά, όσο και στα γλυκά νερά, αλλά και στην θάλασσα. Επιπλέον, για να διασφαλίσουν την επιβίωσή τους, παρουσιάζουν μια τεράστια ποικιλότητα ως προς την μορφή τους και το μέγεθός τους. Επίσης, έχουν αποκτήσει σημαντική διαφοροποίηση ως προς τον τρόπο που τρέφονται ή στον τρόπο κίνησής τους. Μια ακόμα ιδιότητα τους είναι η σπουδαιότητα τους στα δομικά συστατικά των οικοσυστημάτων, όπου είναι απαραίτητα για την τέλεση των ποικίλων λειτουργιών τους. Ωστόσο συμμετέχουν στα τροφικά πλέγματα είτε άμεσα ως τροφή για άλλα ζώα, είτε έμμεσα ως συντελεστές στην αδιάκοπη ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων όπως για παράδειγμα η επικονίαση.

Παρά την σημασία τους για την διατήρηση των οικοσυστημάτων, τα ασπόνδυλα αντιμετωπίζουν πολλές και ποικίλες απειλές. Η καταστροφή και η αλλοίωση των ενδιαιτημάτων τους, η εκτεταμένη χρήση αγροχημικών, η ρύπανση των υδάτων από αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα, η υπεραλίευση και η εξαφάνιση άλλων ειδών χλωρίδας και πανίδας είναι μερικές μόνο από αυτές.

1.2 Εχινόδερμα¹

Τα εχινόδερμα αποτελούν μια υποκατηγορία των ασπόνδυλων θαλάσσιων ζώων, βρίσκονται σε όλα τα βάθη και όλα τα κλίματα και ζουν είτε ελεύθερα είτε προσκολλημένα στο έδαφος. Τα εχινόδερμα με τη χρήση βαδιστικών ποδίσκων και ακάνθων κινούνται ευκολότερα στο σκληρό υπόστρωμα της θάλασσας. Υπάρχουν πέντε κλάσεις που ανήκουν στο φύλο των εχινόδεσμων, όπου είναι οι αχινοί, οι αστερίες, οι οφίουροι, τα ολοθούρια και τα κρινοειδή. Σε αυτά, υπάρχουν 7.000 είδη τα οποία έχουν εξελιχθεί για να έχουν μεγαλύτερη ικανότητα στο να υποστηρίζονται και να προστατεύονται. Η εξέλιξη αυτή αφορά τη μετατόπιση του πρόσθιου τμήματος (στοματικό) στο δεξί μέρος του ζώου και του οπίσθιου τμήματος (έδρα) στο αριστερό μέρος.

Τα χαρακτηριστικά με τα οποία διακρίνονται τα είδη των εχινόδεσμων αφορούν την ύπαρξη συμμετρίας, την ανάπτυξη υδροφορικών συστημάτων, και την παρουσία του ασβεστολιθικού εξωσκελετού τους. Συναντάται δευτερογενής ακτινοσυμμετρία στα ενήλικα άτομα, δηλαδή με πεντακτινωτή συμμετρία, εξαιρούνται τα ακανόνιστα εχινόδερμα, τα οποία παρουσιάζουν τριτογενώς αμφίπλευρη συμμετρία, και των ολοθουριών τα οποία εμφανίζουν αμφίπλευρη συμμετρία, όπως είναι στο στάδιο των προνυμφών. Όσον αφορά στο υδροφορικό τους σύστημα, αυτό απαρτίζεται από ένα σύστημα κλειστών σωλήνων, το οποίο εντοπίζεται στο εσωτερικό του σώματός τους μαζί με την μαδρεπορική πλάκα, από την οποία και εισέρχεται το νερό της θάλασσας μέσα στον οργανισμό. Η μαδρεπορική πλάκα ανήκει στις νωτιαίες ασβεστικές πλάκες και έχει πολλούς και πυκνούς πόρους. Στη συνέχεια, ο ασβεστολιθικός σκελετός τους έχει μεσοδερμική προέλευση και εντοπίζεται κάτω από την επιδερμίδα. Στα ολοθουριοειδή, ο ασβεστολιθικός σκελετός εμφανίζει τη μορφή των μεμονωμένων σκληριτών, αντίθετα με τα αχινοειδή, οι σκληρίτες είναι σταθερά ενωμένοι μεταξύ τους, δημιουργώντας έτσι μια σκληρή θήκη περικλείοντας το σώμα τους. Τα

-
- [1http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/45118/10515.pdf?sequence=1](http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/45118/10515.pdf?sequence=1)
 - https://animalbiodiversitybiol263.weebly.com/uploads/2/2/1/5/22154302/class_2013_lab_-_echinoderms_-_fish.pdf

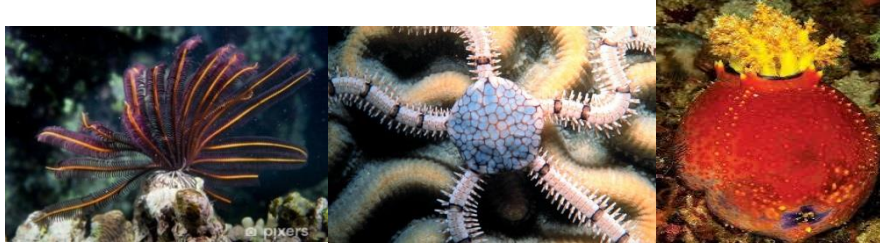
ασβεστολιθικά πλακίδια των οφιουροειδών, κρινοειδών και των αστεροειδών είναι συνεχόμενα.

Τα περισσότερα εχινόδερμα παρουσιάζουν εξωτερική γονιμοποίηση και θεωρούνται γονοχωριστικά. Η βλεφαριδοφόρα αμφιπλευροσυμμετρική προνύμφη αναπτύσσεται άμεσα και σχηματίζεται ακτινωτή συμμετρία. Σε ορισμένα είδη αστεροειδών εμφανίζεται ασεξουαλική αναπαραγωγή και οι προνύμφες διαβιούν ελεύθερες.

Τα εχινόδερμα αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την εξάπλωση και την αφθονία των φυτών σε βαθιά περιβάλλοντα, καθώς έχουν μεγάλη σημασία για τη δομή και την εξέλιξη των βενθικών φυτοβιωκοινωνιών. Επιπροσθέτως, θεωρούνται σημαντικά ευαίσθητοι οργανισμοί στις αλλαγές του περιβάλλοντος και χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής κατά τη συλλογή τους. Η θερμοκρασία είναι ένας βιολογικός παράγοντας πολύ βασικός και απαιτείται η έγκαιρη περισυλλογή των οργανισμών αυτών ώστε επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή θερμοκρασία τους. Σύμφωνα με έρευνες από διάφορα είδη εχινόδερμων, έχουν απομονωθεί διάφορες ενεργές βιολογικές ουσίες, όπως για παράδειγμα, οι πορφυρίνες, τα καρροτονοειδή γλυκολιπίδια και τα δηλητήρια. Πολλές από τις παραπάνω ουσίες μπορούν να απομονωθούν αποκλειστικά από εχινόδερμα, καθώς και έχουν χρησιμοποιηθεί ως φαρμακευτικές ουσίες.

Οι αχινοί και τα ολοθούρια έχουν τη μεγαλύτερη ζήτηση γι' αυτό και αλιεύονται με υπερβολικό ρυθμό. Οι γονάδες των αχινών χρησιμοποιούνται ως ορεκτικό από χώρες τις Ιαπωνίας. Όσον αφορά τα ολοθούρια, το προϊόν με τη μεγαλύτερη ζήτηση είναι το Bêche-de-mer, το οποίο είναι ο βρασμένος και αποξηραμένος εξωσκελετός τους. Χρησιμοποιείται ως έδεσμα αλλά και για τις θεραπευτικές του ιδιότητες κυρίως από τον Κινεζικό λαό.





Εικόνα 1.2.1 : Εχινόδεσμα τροπικών θαλασσών.



Εικόνα 1.2.2. : Εχινόδεσμα της Μεσογείου.

1.3 Ολοθούρια – Holothuria Tubulosa

1.3.1 Γενικά

Ευρέως διαδεδομένα ως «αγγούρια της θάλασσας», τα Ολοθούρια είναι παγκοσμίως εξαπλωμένα και ευημερούν σε όλες τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες του πλανήτη. Πρόκειται για οργανισμούς που ζουν μόνο στην θάλασσα, ταξινομούνται στο φύλο εχινόδεσμα και υπάγονται στα ανώτερα ασπόνδυλα. Γενικά μπορούν να αλιευθούν σε ποικίλα βαθύμετρα, τόσο σε παραλιακές ακτές όσο και σε βυθούς, οι οποίοι μπορούν να ξεπεράσουν τα 10.000 μέτρα βάθους. Συντριπτικά μεγάλο ποσοστό τους θεωρείται ότι ανήκει στους βενθικούς οργανισμούς, ενώ πολύ λίγοι είναι αυτοί που

συγκαταλέγονται στα πελαγικά είδη. Τα ολοθούρια έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν σε διάφορα υποστρώματα, όπως για παράδειγμα βραχώδεις, κοραλλιογενείς, αμμώδεις ιλυώδεις και αμμο-ιλιώδεις πυθμένες. Στην πλειονότητα τους αποτελούν ιζηματοφάγους οργανισμούς οι οποίοι καταναλώνουν μεγάλες σχετικά ποσότητες λάσπης και άμμου και τρέφονται με βιογενή θρύμματα (detritus, σωματιδιακό οργανικό υλικό) ή πλαγκτον. Με τον τρόπο αυτό, διαδραματίζουν έναν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για την αναμόχλευση του ιζήματος και την ανακύκλωση των θρεπτικών του συστατικών. Τέλος, αξιοσημείωτη είναι η συμβολή των ολοθούριων ως προς την εξισορρόπηση της ανάπτυξης του βακτηριδιακού φορτίου και την ενίσχυση της πρωτογενούς παραγωγής με τέτοιο τρόπο ώστε να μετατρέπονται τα οργανικά θρύμματα σε αζωτούχες ενώσεις.

Έχουν έντονη κρυπτική συμπεριφορά και δραστηριοποιούνται κυρίως την νύχτα ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας παραμένουν σχεδόν ακίνητα, ακουμπώντας στον πυθμένα με την κοιλιακή τους επιφάνεια. Ανάλογα με το είδος, το σωματικό τους μέγεθος κυμαίνεται από 1-2 cm μέχρι κάποια μέτρα, ενώ ο εξωτερικός τους χρωματισμός, περιλαμβάνει αποχρώσεις του μαύρου, του καφέ ή του λευκού.

Η συστηματική κατάταξη του είδους *holothuriatubulosa* (Gmelin 1788) έχει ως εξής:

Φύλο: Echinodermata

Κλάση: Holothurioidea

Τάξη: Aspidochirota

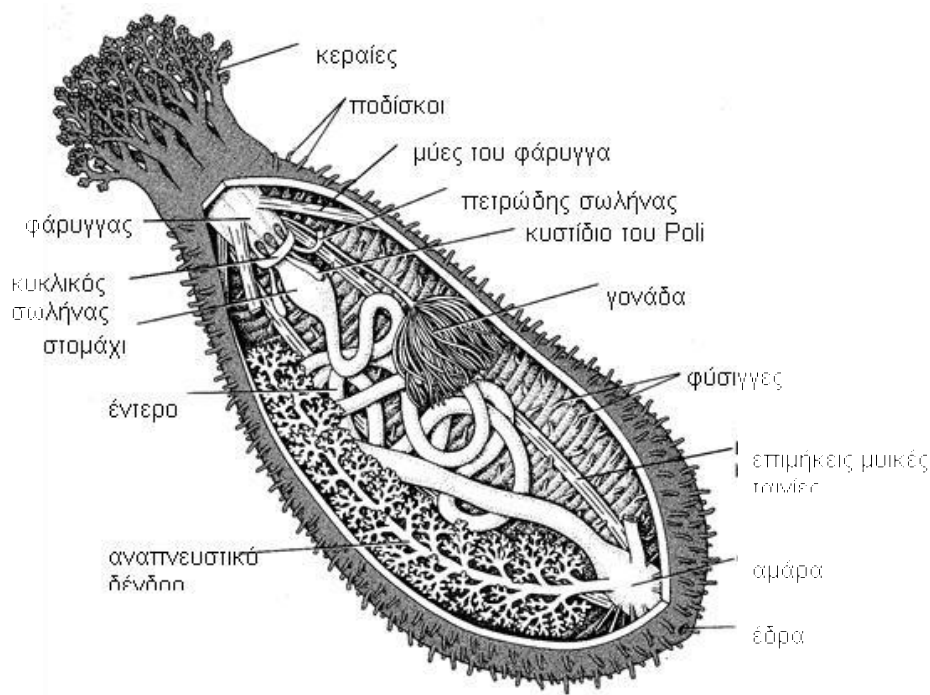
Οικογένεια: Holothuriidae

Γένος: *Holothuria*

Υπάρχουν περίπου 1500 είδη ολοθούριων (Khotimchenko, 2015).

1.3.2 Μορφολογία - Εξωτερικά Χαρακτηριστικά

Τα ολοθούρια έχουν γενικά μαλακό, μυώδες σώμα, με γλοιώδη υφή, σχήμα επίμηκες κυλινδρικό με αμφίπλευρη συμμετρία, ενώ δεν φέρουν άκανθες. Τα άκρα τους εντοπίζονται στο στόμα, το οποίο περιβάλλεται από τις περιστοματικές κεραίες και την έδρα. Εξωτερικά, παρατηρούνται πέντε σειρές υδροφορικών σωλήνων (πεντακτινωτή συμμετρία), από τους οποίους και εξέρχονται οι ποδίσκοι βάδισης.

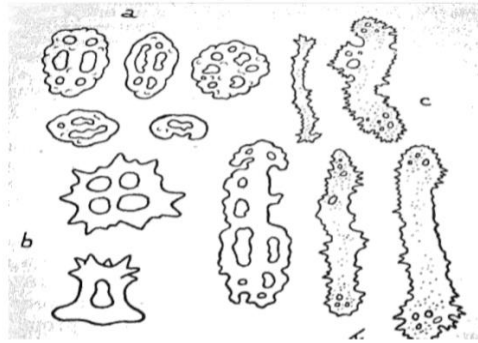


Εικόνα 1.3.2.1: Εσωτερική οργάνωση ολοθουροειδούς²

1.3.3 Σκελετικό Σύστημα

Στα περισσότερα είδη των ολοθουρίων, το σκελετικό σύστημα αποτελείται από τον περιφαρυγγικό δακτύλιο. Ο περιφαρυγγικός δακτύλιος αποτελείται με την σειρά του από δέκα ασβεστολιθικές πλάκες και από τους πολυάριθμους ασβεστολιθικούς σκληρίτες οι οποίοι είναι μικροσκοπικά στοιχεία εντός του δέρματος, διαφόρων σχημάτων (άγκυρες, ραβδιά, βοστρυχοειδή, κάνιστρα, πυργοειδή, πλάκες, πλακίδια, ροζέτες, τροχοί) και αποτελούν βασικό ταξινομικό χαρακτηριστικό στην αναγνώριση των διαφόρων ειδών. Ένα άτομο 10 cm μπορεί να περιέχει περισσότερους από 20 εκατομμύρια σκληρίτες.

²Πηγή: Θεσσαλού Μ & Νικολαΐδου Α., Ζωολογία Ι, Εργαστηριακή Άσκηση : Εχινόδερμα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

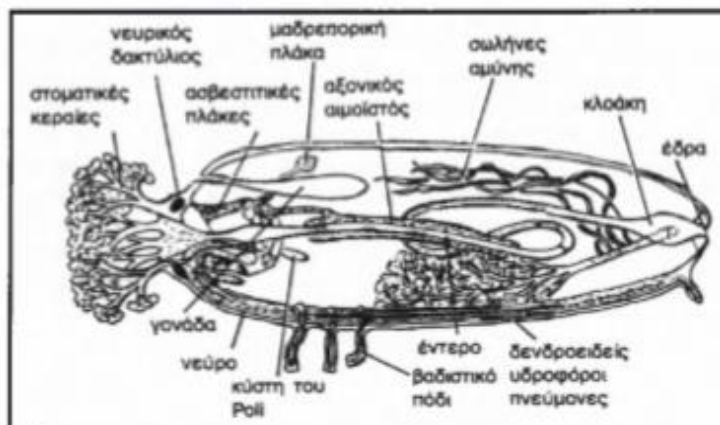


Εικόνα 1.3.3.1.: Δερμικοί σκληρίτες του είδους *Holothuriatubulosa*

Δερμικοί σκληρίτες του είδους *Holothuriatubulosa*, α = πλάκες (x 300), b = πυργοειδή (x 300), c = ραβδία (x 100) (Tortonese 1965).

Υδροφορικό Σύστημα

Το υδροφορικό σύστημα αποτελείται από πέντε υδροφορικούς σωλήνες που βρίσκονται στο εσωτερικό του σώματος και συγκοινωνούν με το θαλασσινό νερό μέσα από την μαδρεπορική πλάκα. Η πλάκα αυτή βρίσκεται κάτω από τον φάρυγγα, στην άκρη του πετρώδους σωλήνα. Επιπροσθέτως, κυκλικός σωλήνας περιβάλλει το πρόσθιο τμήμα του πεπτικού σωλήνα. Ο τελευταίος φέρει από μια έως πενήντα πέντε αποφύσεις (1-55), τις κύστες του Poli. Τελικώς, από τους υδροφορικούς σωλήνες εξέρχονται οι βαδιστικοί ποδίσκοι που στην κοιλιακή πλευρά φέρουν μυζητικό δίσκο για την προσκόλληση του ζώου στο υπόστρωμα, ενώ στην νωτιαία φέρει αισθητήρια φύματα. Οι βαδιστικοί ποδίσκοι είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένοι στα είδη που ζουν σε σκληρά υποστρώματα, ενώ ατροφούν στα ενδοψαμμικά είδη.



Εικόνα 1.3.3.2.: Σχηματογραφία της εσωτερικής οργάνωσης ολοθούριου.



Εικόνα 1.3.3.3.: Κυστίδιο Poli στο *H. tubulosa*.

Πεπτικό Σύστημα

Το στόμα βρίσκεται στο μέσο της στοματικής μεμβράνης. Στην συνέχεια συναντάται ο φάρυγγας, ο οποίος περιβάλλεται από τον ασβεστικό δακτύλιο. Σε μερικά είδη, όπως αυτά του γένους *Thyone*, ο φάρυγγας οδηγεί σε έναν οισοφάγο, ο οποίος με την σειρά του καταλήγει στον στομάχο. Το έντερο με τη σειρά του σχηματίζει βρόγχο και καταλήγει στην έδρα. Η τελευταία, καθώς συστέλλεται και διαστέλλεται, προκαλεί την είσοδο-έξοδο του νερού, που καταλήγει σε ένα ζεύγος δενδροειδών υδροφόρων πνευμόνων, τα αναπνευστικά δέντρα, που διαδραματίζουν τον ρόλο βραγχίων. Στον πεπτικό σωλήνα του *H. Tubulosa* διακρίνονται τρία τμήματα, το κάθε ένα με διαφορετικό ρόλο. Το πρώτο τμήμα το οποίο ξεκινά από το στόμα και καταλήγει στο «σφιγκτήρα», όπου συγκεντρώνεται το ίζημα. Το δεύτερο τμήμα το οποίο

οριοθετείται , από την παρουσία του αιματικού συστήματος, που λαμβάνει χώρα η διαδικασία της πέψης και γι' αυτό αποτελεί το τμήμα εντός του οποίου το ίζημα παραμένει για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Τέλος, το τρίτο τμήμα που αποτελείται από το δεύτερο κατώτερο τμήμα και είναι η ζώνη αποβολής.



Εικόνα 1.3.3.4.: Όργανο του Cuvier (αριστερά) και πεπτικός σωλήνας.

Πεπτικός σωλήνας

Ορισμένα είδη, φέρουν σωληνοειδείς, κολλώδεις δομές που εκβάλλουν στην βάση των υδροφόρων πνευμόνων, τα όργανα του Cuvier. Όταν το ζώο δεχθεί κάποιο έντονο ερέθισμα, τα όργανα του Cuvier μαζί με νερό εξωθούνται μέσω της κλοάκης προς άμυνα. Πολλά είδη ολοθουρίων μπορούν, όταν ερεθιστούν ή εκτεθούν σε δυσμενείς συνθήκες να αποβάλλουν μέρος των σπλάχνων τους ή και ολόκληρο τον πεπτικό τους σωλήνα, διαδικασία γνωστή ως «εξεντερισμός». Τόσο τα όργανα του Cuvier όσο και ο πεπτικός σωλήνας μπορούν να αναγεννηθούν από το ζώο σε σύντομο χρονικό διάστημα.



*Εικόνα 1.3.3.5.: Τα όργανα του Cuvier κατά των εξεντερισμό του είδους *Holothuria forskali*.*



Εικόνα 1.3.3.6.: Βρόγχος πεπτικού σωλήνα στο *H. tubulosa* - διακρίνεται το αγγείο σύνδεσης



Εικόνα 1.3.3.7.: Κοιλιακή όψη του οισοφάγου του *H. tubulosa*.



Εικόνα 1.3.3.7.: Πεπτικός σωλήνας του *H. tubulosa*.

Αιματικό Σύστημα

Τα ολοθούρια, ιδιαίτερα τα γένη *Holothuria* και *Stichopus* έχουν το πιο ανεπτυγμένο αιματικό σύστημα από όλα τα εχινόδερμα. Η γενική οργάνωση είναι όμοια με εκείνη όλων των άλλων εχινόδερμων. Ένας αιματικός δακτύλιος και ακτινωτοί αιματικοί κόλποι είναι παράλληλοι με τον κυκλικό σωλήνα και τους ακτινωτούς σωλήνες του υδροφορικού συστήματος. Ο πιο σημαντικός χαρακτήρας του συστήματος αυτού είναι ένα κοιλιακό και ένα νωτιαίο αγγείο (κόλποι) που συνοδεύουν το έντερο. Από τα κύρια αυτά εντερικά αγγεία προέρχονται πολλοί μικρότεροι σωλήνες, οι οποίοι ενώνονται με το εντερικό τοίχωμα. Στην περιοχή του κατερχόμενου λεπτού εντέρου

120-150 μονοθάλαμες καρδιές αντλούν αίμα από το ραχιαίο αγγείο μέσω ενός συστήματος εντερικών ελασμάτων, τα οποία προεκτείνονται μέσα στην εντερική κοιλότητα. Από τα εντερικά ελάσματα, το αίμα συλλέγεται στο κοιλιακό αγγείο. Το αίμα είναι βασικά όμοιο με το κοιλωματικό υγρό. Το αιματικό σύστημα των ολοθουρίων χρησιμοποιείται για την μερική μεταφορά των αερίων και ενδεχομένως διαδραματίζει κάποιον ρόλο στην απορρόφηση ή την μεταφορά τροφής, αλλά η ακριβής λειτουργική του σημασία παραμένει ακόμα αβέβαιη.



Εικόνα 1.3.3.8.: Τμήμα του αιματικού συστήματος του H. tubulosa διακρίνονται οι συνδέσεις των αγγείων με το εντερικό τοίχωμα.

Μετακίνηση

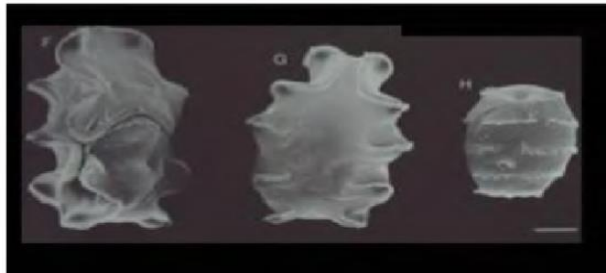
Η μετακίνηση των ολοθουρίων πραγματοποιείται από τους βαδιστικούς ποδίσκους καθώς και από ισχυρές συσπάσεις των κυκλικών και επιμηκών μυών τους. Όταν ερεθίζονται συστέλλονται τροποποιώντας το σχήμα τους. Το στόμα περιβάλλεται από 10-30 στοματικές κεραιές (τροποποιημένοι βαδιστικοί ποδίσκοι) που μπορούν να τραβηχτούν στο εσωτερικό της σωματικής κοιλότητας και ενίοτε βοηθούν στην μετακίνηση του ζώου. Η μορφή των κεραιών λειτουργεί ως ταξινομικό γνώρισμα (πελτοειδής, δενδροειδής, πτεροειδής, δακτυλιοειδής). Με την βοήθεια των προαναφερθέντων κεραιών συλλέγουν πλαγκτόν και θρύμματα (σωματιδιακό οργανικό υλικό) από την στήλη του νερού ή το ίζημα.

Αναπαραγωγή

Η αναπαραγωγή των ολοθουρίων μπορεί να επιτευχθεί εγγενώς όπως συμβαίνει στην πλειοψηφία των ειδών αλλά και αγενώς. Μεταξύ των σταδίων της εγγενούς διαδικασίας, ξεχωρίζουν η δημιουργία και η απελευθέρωση του γεννητικού υλικού. Ωστόσο, η «γονική συμπεριφορά» που έπεται της αναπαραγωγής ποικίλει μεταξύ των ειδών με την συντριπτική πλειοψηφία να «αρκείται» στην απελευθέρωση των γαμετών, ενώ μόλις 41 είδη συλλέγουν και εκκολάπτουν τα γονιμοποιημένα ωάρια. Η εγγενής αναπαραγωγή συνδέεται με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Γι' αυτόν τον λόγο, οι οργανισμοί προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την επιτυχία της αναπαραγωγικής διαδικασίας, έχουν «συγχρονίσει» τους αναπαραγωγικούς τους κύκλους με τους περιοδικούς κύκλους διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων. Μεταξύ αυτών των παραμέτρων, τις σημαντικότερες αποτελούν η θερμοκρασία, οι φάσεις της σελήνης, οι ανθήσεις του φυτοπλαγκτού, και τα χημικά ερεθίσματα. Η αγενής αναπαραγωγή επιτυγχάνεται μέσω διαίρεσης και η υιοθέτησή της φαίνεται πως καθορίζεται από το μέγεθος του σώματος και την διαθεσιμότητα της τροφής. Τα περισσότερα είδη ολοθουρίων είναι γονοχωριστικά και η αναπαραγωγή τους είναι κατά κανόνα, εγγενής και συνήθως ακολουθεί ετήσιο κύκλο. Φέρουν μία μόνο γονάδα, δενδροειδούς μορφής, με πολυάριθμα τυφλά που εκβάλλει στην γεννητική οπή που βρίσκεται μεταξύ δύο κεραιών. Συνήθως, η αναπαραγωγή ακολουθεί ετήσιο κύκλο και η απελευθέρωση των γαμετών γίνεται κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους, στις εύκρατες περιοχές και η γονιμοποίηση πραγματοποιείται στην υδάτινη στήλη. Η γονιμοποίηση είναι εξωτερική. Ορισμένα είδη διατηρούν τα γονιμοποιημένα ωάρια στην νωτιαία επιφάνεια του σώματος και στις κεραιές ή ακόμα και στο εσωτερικό του σώματός τους, σε γεννητικούς σάκους, στην γονάδα του θηλυκού ή στο κοίλωμα. Μεταξύ της γονιμοποίησης και του νεαρού ατόμου παρεμβάλλονται διαφορετικές πλαγκτονικές προνύμφες, ανάλογα με το είδος. Σε κάθε περίπτωση, η μεταμόρφωση σε νεαρό ολοθούριο ολοκληρώνεται πριν την εγκατάστασή του στο υπόστρωμα. Σε αρκετά είδη έχει παρατηρηθεί και η αγενής αναπαραγωγή με σωματική διάσχιση. Η διάρκεια ζωής τους φτάνει την δεκαετία.



Εικόνα 1.3.3.9.: Γονάδα θηλυκού (αριστερά) και αρσενικού (δεξιά) ολοθούριου..



Εικόνα 1.3.3.10.: Προνύμφες ολοθούριου.

Γεωγραφική Εξάπλωση

Τα ολοθούρια εντοπίζονται σε μεγάλη έκταση στις θάλασσες όλου του κόσμου. Ειδικότερα, εμφανίζονται σε λειμώνες φανερόγαμων των εύκρατων περιοχών, σε πολικές περιοχές, και σε κοραλλιογενείς σχηματισμούς σε περιοχές με τροπικό κλίμα. Το ολοθούριο εντοπίζεται στη Μεσόγειο θάλασσα, και στο ανατολικό τμήμα του Ατλαντικού Ωκεανού, από τον Βισκαϊκό Κόλπο μέχρι το Γιβραλτάρ. Επεξηγηματικά, εντοπίζεται στις ακτές Granada, Costa Brava, και Province of Gerona, στην Ισπανία, και στη Χερσόνησο Sidi-Fredji στην Αλγερία. Ακόμη, εντοπίζεται στις ακτές της Ανατολικής Γαλλίας και στην Κορσική, σε περιοχές της Αδριατικής θάλασσας και της Νότιας και Νοτιοδυτικής Ιταλίας, και τέλος, στα βόρεια και νότια μέρη του Αιγαίου Πελάγους.



Εικόνα 1.3.3.11.: Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Holothuriatubulosa* στις ακτές της Μεσογείου και του ανατολικού Ατλαντικού ωκεανού.



Εικόνα 1.3.3.12.: Γεωγραφική εξάπλωση του *H. tubulosa* στο Αιγαίο πέλαγος.

Κεφάλαιο 2

2.1 Υδατοκαλλιέργεια & Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), υδατοκαλλιέργεια είναι: “η καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών σε ηπειρωτικές ή παράκτιες περιοχές η οποία περιλαμβάνει παρεμβάσεις στη διαδικασία της αύξησης και της εκκόλαψης προκειμένου να βελτιωθεί η παραγωγή και η ατομική ή συνεταιριστική ιδιοκτησία του καλλιεργούμενου αποθέματος”. Η άμεση παραγωγή αλιευμάτων ευρείας κατανάλωσης είναι ο κύριος σκοπός των υδατοκαλλιεργειών. Σήμερα, ένα σημαντικό ποσοστό των βρώσιμων ψαριών προέρχεται από τις ιχθυοκαλλιέργειες και πρόκειται να αυξηθεί τις επόμενες δεκαετίες ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού, διότι τα ψάρια και τα προϊόντα τους αποτελούν πλούσια πηγή πρωτεϊνών, βιταμινών, ιχνοστοιχείων και άλλων θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός (FAO 2009). Ένας ακόμη σπουδαίος στόχος, είναι η ανάπτυξη υδρόβιων οργανισμών οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε ως τροφή για τα καλλιεργούμενα είδη είτε στην παραγωγή διατροφικών και φαρμακευτικών προϊόντων ή προϊόντων βιοτεχνολογίας. Τέλος, η υδατοκαλλιέργεια συχνά στοχεύει στην παραγωγή καλλωπιστικών ειδών και στην παραγωγή γόνου (αβγά, προνύμφες, νεαρά άτομα) με σκοπό τον εμπλουτισμό των φυσικών αποθεμάτων.



Εικόνα 2.1.1.: Υδατοκαλλιέργεια.

Μεγάλος προβληματισμός εντοπίζεται στις επιπτώσεις που αφορούν το περιβάλλον στις παράκτιες περιοχές λόγω της μεγάλης ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών σε όλον τον κόσμο, τόσο στα ιζήματα των θαλασσών όσο και στη στήλη του νερού. Παρόλα αυτά, υπάρχει μεγάλη ανησυχία για τους κλάδους του περιβάλλοντος, της οικονομίας, και της κοινωνίας, καθώς θα υπάρξει αύξηση του ρυθμού των υδατοκαλλιεργειών λόγω της συνεχούς μείωσης αλιευτικών αποθεμάτων.

Οι μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφορούν τις ιχθυοκαλλιέργειες (ιχθυοκλωβοί) ως ανοιχτά συστήματα εκτροφής. Έχει αποδειχθεί ότι τα δίκτυα αυτά επενεργούν στην κινητικότητα του νερού που βρίσκεται στο εσωτερικό των ιχθυόκλουβων με κατεύθυνση από το περιβάλλον προς τους ιχθυόκλουβους και αντίστροφα. Το υλικό, ο τύπος, η μορφή των δικτύων, το μέγεθος των ιχθυόκλουβων, ο ρυθμός επικάλυψης της επιφανίδας και της επιχλωρίδας στα δίκτυα, η θερμοκρασία του νερού, το είδος των εκτρεφόμενων ψαριών και η τροφική κατάσταση του περιβάλλοντος απαριθμούν τις παραμέτρους που επιδρούν στον ρυθμό ανανέωσης και στην κινητικότητα των υδάτινων μαζών.

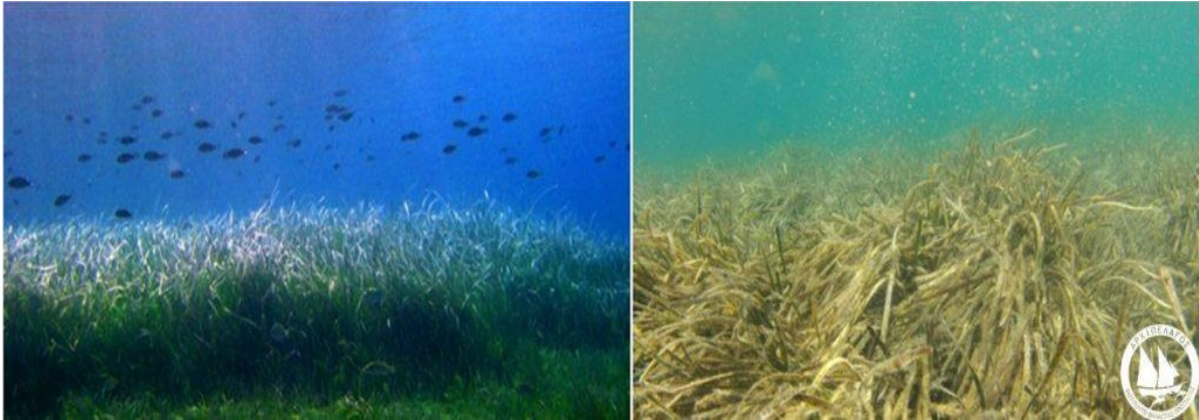
Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι η υπέρμετρη χρήση φαρμάκων και χημικών ουσιών για την θεραπεία των ασθενειών επιδρούν σημαντικά στο περιβάλλον, παρότι η ποσοτικοποίηση των μεγεθών αυτών θεωρείται πολύ δύσκολη. Στον αντίποδα, φαίνεται να ικανοποιείται η ανάγκη για χρήση φαρμάκων και χημικών ουσιών εξωτερικά των εγκαταστάσεων των κλειστών συστημάτων αφού η χρήση εσωτερικά στο υδάτινο περιβάλλον είναι πολυέξοδη. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Συνεχίζοντας, λόγω του ότι οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί εκτίθενται σε διάφορους στρεσογόνους παράγοντες, καθώς και σε δεδομένα υψηλών ιχθυοπυκνοτήτων έχει παρατηρηθεί ότι εμφανίζονται ασθένειες σε μεγαλύτερους ρυθμούς και εντάσεις κατά τις περιόδους της εκτροφής, συγκριτικά με άλλους ιχθυοπληθυσμούς που θεωρούνται πιο άγριοι.

Η μετάδοση των ασθενειών υπόκειται σε ευνοϊκές συνθήκες τόσο σε φυσικούς πληθυσμούς συγγενικού ή ίδιου είδους και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι αρκετά δαπανηρή η επεξεργασία των αποβλήτων τους που ορισμένες φορές να μην είναι εφικτή. Παρότι σπάνια θα αναφερθεί η μετάδοση ασθενειών ανάμεσα στους φυσικούς πληθυσμούς. Σημειώνεται ότι τα παράσιτα εισάγονται στα εκτρεφόμενα είδη μια περιοχής είτε μέσω του πλαγκτον, όταν αυτό αποτελεί τροφή και ενδιάμεσο ξενιστή παρασίτων είτε από τους άγριους πληθυσμούς μιας περιοχής.

Τέλος, υπολείμματα τροφών που διαφεύγουν από τους ιχθυοκλωβούς και είναι υπεύθυνα για ευτροφισμό, αύξηση της οργανικής ουσίας στο υπόστρωμα, μείωση του διαλυμένου οξυγόνου ενώ σε ανοξικές συνθήκες στα ανώτερα ιζήματα προκαλούν εξαφάνιση των βενθικών οργανισμών (αζωικές συνθήκες) σε συνδυασμό με τα παραγόμενα μεταβολικά προϊόντα των εκτρεφόμενων ψαριών, οδηγούν στο μεγαλύτερο ποσοστό των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών. Όλες οι ανωτέρω αποσυντιθέμενες και αναλώσιμες ουσίες αποτελούν τα απόβλητα των υδατοκαλλιεργειών. Οι πρακτικές εκτροφής, τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών που έχουν εγκατασταθεί ιχθυοκαλλιέργειες επηρεάζουν την ένταση του φαινομένου του οργανικού εμπλουτισμού. Ο οργανικός εμπλουτισμός των ιζημάτων ο οποίος προκαλείται κατά την καθίζηση των περιττωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών καθώς και τις διαφυγούσας ιχθυοτροφές έχουν τη μεγαλύτερη επίπτωση στις ιχθυοκαλλιέργειες. Κάτω από τους ιχθυοκλωβούς συσσωρεύεται οργανικό υλικό και σχηματίζει ένα χαλαρό μαύρο ίζημα το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό, συσσώρευση ενώσεων αζώτου και φωσφόρου και χαμηλές τιμές οξειδοαναγωγικού δυναμικού. Αναλλοίωτες τροφές προστίθενται στα ιζήματα του πυθμένα και τα εμπλουτίζουν. Αυτή η διαδικασία μπορεί να προκληθεί από τις απώλειες τροφής, όπου επηρεάζουν άμεσα και το βένθος της περιοχής. Η παραγωγή της οργανικής ύλης μπορεί να ενισχυθεί από τις απώλειες τροφής και τα περιττώματα των ψαριών κατά την εκτροφή τους σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς. Σημειώνεται ότι η οικολογία των βενθικών οργανισμών επηρεάζεται από οργανικό υλικό που έχει απελευθερωθεί από μία μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας. Επιπλέον, όπως προαναφέρθηκε, είναι δυνατό να εντοπιστούν αζωικές περιοχές κάτω από τους ιχθυοκλωβούς. Έτσι, καθίσταται εφικτό να

συναντηθούν οργανισμοί που μετακινούνται συνεχώς για την εξεύρεση τροφής , ενώ αυτό είναι ανέφικτο για εδραίους οργανισμούς



Εικόνα 2.1.2.: Προστατευόμενα Λιβάδια Ποσειδωνίας: Ένα παραγωγικό, υγιές λιβάδι (αριστερά). Ένα υποβαθμισμένο από παρακείμενη ιχθυοκαλλιέργεια (δεξιά).

2.2 Υδατοκαλλιέργεια στη Μεσόγειο

Η βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας στην περιοχή της Μεσογείου έχει αυξηθεί σημαντικά από την ίδρυσή της. Η συνολική παραγωγή υδατοκαλλιέργειας, συμπεριλαμβανομένων όλων των κατηγοριών και των ειδών, αυξήθηκε από 487.488 τόνους το 1995 σε 1.228.457 τόνους το 2007. Κατά την ίδια περίοδο, η παραγωγή θαλάσσιων ιχθύων αυξήθηκε από 61.024 τόνους σε 436.401 τόνους, ενώ η παραγωγή μαλακίων μειώθηκε ελάχιστα από 184.944 τόνους σε 174,385 τόνους. Κατά συνέπεια, το μερίδιο των θαλάσσιων ιχθύων στη συνολική παραγωγή υδατοκαλλιέργειας αυξήθηκε από 13% το 1995 σε 36% το 2007, το μερίδιο των μαλακίων μειώθηκε από 38% σε 14% κατά την ίδια περίοδο, ενώ το μερίδιο των γλυκών υδάτων η παραγωγή παρέμεινε η ίδια στο 48% της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας.

Η Αίγυπτος, η Γαλλία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Τουρκία και η Ελλάδα αποτελούν τις κυριότερες χώρες παραγωγής (εσωτερικών και θαλάσσιων). Η μέση ετήσια αύξηση για την περίοδο 1985-2006 για την υδατοκαλλιέργεια θαλάσσιων και υφάλμυρων υδάτων εκτιμάται σε 7,6%. Αυτό συγκρίνεται με την αλιευτική παραγωγή που ήταν περίπου -0,67%, κατά την ίδια περίοδο, επιβεβαιώνοντας έτσι τη στασιμότητα της

κατάστασής της (FAO Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειας, Υπηρεσία Στατιστικής και Πληροφόρησης [FIPS], 2009). Αξίζει να σημειωθεί πώς το 66% της παραγωγής παγκοσμίως πραγματοποιείται σε 2 χώρες της ανατολικής Μεσογείου, την Ελλάδα και την Τουρκία (ΣΕΘ 2016).



Εικόνα 2.2.1. Υδατοκαλλιέργεια στην Μεσόγειο.

2.3 Υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα

Ο παράγοντας των υδατοκαλλιεργειών θεωρείται από τους πλέον ακμάζοντες της πρωτογενούς παραγωγής στην Ελλάδα, με σημαντική θέση και ταυτόχρονα υψηλό εξαγωγικό ρυθμό στην Ε.Ε. Ακόμα, κι αν το τελευταίο διάστημα εμφανίζεται κάμψη και αναδιάρθρωση, το ποσοστό που οριοθετείται για την ακμή της παραγωγής, υπερπηδά τον στρατηγικό στόχο που η Ε.Ε. θέτει με αύξηση 4% το χρόνο. Οι κλιματολογικές συνθήκες και η γεωμορφολογικές συντελούν στην αύξηση της υδατοκαλλιέργειας στην Ελλάδα με αποτέλεσμα να συμβάλουν στην ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού, την καλλιέργεια ευρύαλων ψαριών, τη μείωση των αποθεμάτων που αφορούν την αλιεία και τέλος, τον περιορισμό που έχει επιταχθεί τα τελευταία έτη στην αλιεία.

Η καλλιέργεια θαλάσσιων ψαριών σε κλωβούς ανοικτής θάλασσας κυριαρχούν στην χώρα μας, ειδικά η τσιπούρα και το ευρωπαϊκό λαβράκι, με συνδυασμένη παραγωγική ικανότητα περίπου 110.000 τόνων το 2015. Ακολουθεί η καλλιέργεια μεσογειακών μυδιών με ετήσια παραγωγική ικανότητα έως και 35-40.000 τόνους το

2015. Λόγω ανισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, ο τομέας των θαλάσσιων ιχθύων έχει αναδιαρθρωθεί ώστε να διπλασιάσει την παραγωγή του έως το 2030. Επιπροσθέτως, τα είδη γλυκών υδάτων και η υδατοκαλλιέργεια λιμνοθάλασσας έχουν περιορισμένο αναπτυξιακό δυναμικό, εξαιτίας της έλλειψης διαθεσιμότητας φυσικών πόρων (νερό, άγρια αποθέματα). Το κορυφαίο εξαγόμενο ελληνικό ζωικό προϊόν είναι το θαλάσσιο ψάρι και συμβάλλει περίπου στο 11% των συνολικών εθνικών γεωργικών εξαγωγών (οι οποίες μαζί αντιπροσωπεύουν το 19% των συνολικών ελληνικών εξαγωγών).

Κεφάλαιο 3

Νομοθεσία, Εμπόριο, Εκτροφή και Θρεπτική Αξία Ολοθούριων

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Οι θαλάσσιοι οργανισμοί αποτελούν πολύτιμες πηγές θρεπτικών συστατικών, καθώς περιέχουν βιολογικά ενεργά συστατικά, ιδίως βιοενεργά πεπτίδια, αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ουσίες (Bordbar et al. 2011). Τα ολοθούρια εκτός από την καθοριστική συμβολή στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης και τη διατήρηση της ισορροπίας των βενθικών οικοσυστημάτων, έχουν και μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον.

Τα «αγγούρια της θάλασσας» είναι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως τρόφιμο από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα σε ορισμένες περιοχές της Ασίας. Ένα μεγάλο ποσοστό των ειδών έχει αξιοποιηθεί για τον σκοπό αυτό, καθώς η παγκόσμια ζήτηση συνεχώς αυξάνεται. Τα ολοθούρια πωλούνται στο εμπόριο, ιδίως στις ασιατικές αγορές, με κύρια δραστηριότητα στην Κίνα, στην Κορέα, στην Ινδονησία και στην Ιαπωνία. Από την άλλη πλευρά, πραγματοποιούνται εξαγωγές σε σημαντικές ποσότητες σε μέρη των Ηνωμένων Πολιτειών και της Βόρειας Αυστραλίας (Shiell, 2006). Η μεταποιητική διαδικασία περιλαμβάνει την αφαίρεση των εντοσθίων, το βράσιμο και την αποξήρανση του σωματικού περιβλήματος του ζώου ή και το κάπνισμα του. Στη

συνέχεια το προϊόν σχίζεται και βράζεται ώστε να διογκωθεί και να γίνει ζελατινώδες πριν καταναλωθεί (Vafidis et al. 2008).

Εδώδιμα είναι και άλλα τμήματα του ζώου. Πιο συγκεκριμένα, οι γονάδες τρώγονται είτε αποξηραμένες “komoko” είτε αλατισμένες, ενώ εδώδιμα είναι και το έντερο “kopowata” και το αναπνευστικό δέντρο “minowata” (Conand 1990).

Εκτός του οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν τα ολοθούρια, ως πηγή τροφής, ιδιαίτερο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν κάποια είδη ως πηγή βιοδραστικών ουσιών. Ο όρος βιοδραστικότητα καλύπτει ένα ευρύ φάσμα δράσεων, όπως η παρεμπόδιση της ανάπτυξης μικροοργανισμών, οι τοξικές επιδράσεις σε άλλους οργανισμούς, καθώς και όλες οι φαρμακευτικές δράσεις που μπορεί να εμφανίζει μία ουσία (αντιμικροβιακή, αντιμυκητιακή, κυτοτοξική, αντικαρκινική, αντι-ιϊκή, ανοσορυθμιστική και αντιφλεγμονώδη δράση) (Chen et al. 2004). Επίσης, ένα σημαντικό ποσοστό (περίπου 70 %) του σωματικού τοιχώματος των ολοθουρίων αποτελείται από κολλαγόνο. Το κολλαγόνο αναγνωρίζεται ως συστατικό των συνδετικών ιστών. Αρκετές φαρμακευτικές εταιρίες έχουν συμπεριλάβει τα ολοθούρια σε καλλυντικά προϊόντα ως μια εναλλακτική λύση για τη χρήση των ζωικών προϊόντων στα καλλυντικά (Saito et al. 2002).

Σε αρκετά νησιά του Ειρηνικού χρησιμοποιείται ομογενοποίημα του είδους *H. atra* στην αλιεία, καθώς η ισχυρή κυτοτοξική δράση των σαπωνινών που περιέχει λειτουργεί ως αναισθητικό για τα ψάρια (Vafidis et al. 2008).

Πρόσφατα, στην Ελλάδα έχει ξεκινήσει η στοχευμένη αλιεία των ολοθουρίων, με σκοπό την εξαγωγή τους ως μεταποιημένο προϊόν πλέον. Ήδη υπάρχουν τέσσερις μονάδες μεταποίησης, μία στη Λαμία και τρεις στη Χαλκιδική. Λόγω της παρουσίας των συγκεκριμένων μονάδων μεταποίησης, έχει αναπτυχθεί μια έντονη αλιευτική δραστηριότητα, τόσο στον Θερμαϊκό κόλπο και στους κόλπους της Χαλκιδικής, όσο και στον Μαλιακό και στον Βόρειο Ευβοϊκό (Νεοφύτου 2014).

Το *H. tubulosa* δεν καταναλώνεται στις τοπικές αγορές αλλά αλιεύεται και εξάγεται στην Ιαπωνία. Αντίθετα, το *S. regalis*, γνωστό ως «θαλάσσια πίτσα» ή «θαλάσσια γλώσσα», καταναλώνεται κυρίως στην περιοχή της Καταλονίας όπου εκτιμάται ιδιαίτερα (Ilonguet) και αλιεύεται περιστασιακά στη Γαλλία και την Ισπανία

(Tortonese & Vadon 1987). Στις ακτές της Girona (Ισπανία) το 2003 αλιεύθηκαν 2 τόνοι του είδους *S. regalis* που η οικονομική τους αξία, ως νωπό προϊόν, έφτασε τα 150.600 ευρώ.

3.2 Αλίευση ολοθούριων

Η αλίευση των ολοθούριων ποικίλλει ανάλογα τα χαρακτηριστικά του είδους, των τρόπων εκμετάλλευσης, της αλιευτικής ιστορίας της περιοχής, των κοινωνικοοικονομικών δομών και της ικανότητας διαχείρισης του κάθε κράτους και της δυνατότητας επιβολής ελέγχου, αλλά και κυρώσεων. Συχνά είναι μικρής κλίμακας αλιεία, όπου ψαράδες συλλέγουν τα ζώα με βάδισμα ή κατάδυση σε ρηχά νερά. Στις αναπτυγμένες χώρες, η αλιεία ολοθούριων, καθώς αποτελεί ένα κερδοφόρο προϊόν, συνήθως βιομηχανοποιείται. Οι αλιευτικές εταιρείες διαθέτουν μεγαλύτερα σκάφη, με ομάδες αλιέων και μερικές φορές με εξελιγμένο εξοπλισμό (Purcell et al, 2010).

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η αλιεία μικρής κλίμακας και η αλιεία βιομηχανικής κλίμακας είναι διαφορετικά. Η αλιεία μικρής κλίμακας περιλαμβάνει συχνά μεγάλο αριθμό ψαράδων χαμηλού εισοδήματος, οι οποίοι συλλέγουν τα ολοθούρια λόγω παράδοσης ή ως επάγγελμα έσχατης λύσης σε περιόδους οικονομικής δυσκολίας. Και στις δύο περιπτώσεις, οι ψαράδες αυτοί δείχνουν μεγάλη απροθυμία ή αδυναμία να σταματήσουν την αλιεία, ακόμη και όταν εξαντλούνται οι πληθυσμοί ολοθούριων. Συχνά στερούνται βασικής εκπαίδευσης και ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές, έτσι ώστε η επαφή και η συνεργασία με τους οργανισμούς διαχείρισης να είναι πολύ δύσκολη και η εφαρμογή βιώσιμων αλιευτικών πρακτικών σχεδόν αδύνατη (Kinch et al., 2008). Από την άλλη πλευρά, οι αλιείς βιομηχανικής κλίμακας είναι πιο συχνά σε θέση να στραφούν σε άλλους πόρους και είναι εύκολα προσβάσιμοι από τους αλιευτικούς οργανισμούς. Ωστόσο, η μεγάλη κεφαλαιουχική επένδυσή τους σε σκάφη και αλιευτικά εργαλεία σημαίνει ότι πρέπει να συνεχίσουν τα υψηλά ποσοστά εκμετάλλευσης για να καλύψουν χρηματοοικονομικά δάνεια και λειτουργικά έξοδα (Purcell et al, 2010).

Τα εμπορεύσιμα είδη ολοθούριων είναι περισσότερα από εξήντα (60) σε όλο τον κόσμο. Στις περισσότερες τροπικές αλιευτικές περιοχές συλλέγονται ολοθούρια που

ανήκουν σε πολλά διαφορετικά είδη. Για παράδειγμα, στον Δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό, στην Νοτιοανατολική Ασία και στον Ινδικό Ωκεανό μπορούν να αλιεύονται και να εξάγονται από μία χώρα 20-30 διαφορετικά είδη (Kinch et al., 2008). Αντίθετα, στις περιοχές της εύκρατης ζώνης η αλιεία είναι περισσότερο μονοειδική, δηλαδή αφορά κυρίως ένα είδος ολοθούριων ανά περιοχή (Purcell et al, 2010).

Οι βιότοποι όπου αλιεύονται τα ολοθούρια ποικίλλουν επίσης. Τα εμπορικά είδη στις τροπικές περιοχές αλιεύονται ως επί το πλείστον σε ρηχά κοραλλιογενείς υφάλους, σε τροπικές λιμνοθάλασσες και σε παραθαλάσσιες κοίτες. Ορισμένα είδη φαίνεται να προτιμούν έντονα τους σύνθετους βιότοπους των υφάλων όπως το *Actinopyrga lecanora* ή το *Stichopus chloronotus*, άλλα είδη περιοχές που εκτίθενται σε κύματα όπως το *Actinopyrga mauritiana*, καθιστώντας τα έτσι προσβάσιμα μόνο σε δύτες ελεύθερης κατάδυσης (scindivers). Αντίθετα, τα είδη που αναπτύσσονται σε εύκρατα νερά μπορεί να εμφανιστούν σε βάθη άνω των 50m, όπως το *Cucumaria frondosa* και αλιεύονται κυρίως με κατάλληλα δίχτυα ("drag" nets) (Purcell et al, 2010).

Επίσης, οι ανεπτυγμένες χώρες, όπως ο Καναδάς, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και η Αυστραλία, έχουν σχετικά μεγαλύτερη ικανότητα παρακολούθησης, καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων σχετικά με την αλιεία. Οπότε και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς διαχείρισης της αλιείας υπόκειται σε καλύτερο έλεγχο, με αποτέλεσμα τα μέτρα διαχείρισης να τείνουν να είναι πιο περίπλοκα από τις αναπτυσσόμενες χώρες (Purcell et al, 2010).

Τα ολοθούρια αλιεύονται κυρίως στην τροπική ζώνη, σε ζεστά νερά από την Ανατολική Αφρική ως τη Νότια και Κεντρική Αμερική και σε μερικά εύκρατα νερά της Μεσογείου, στον Βόρειο Ειρηνικό και τον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό. Σε ορισμένες περιοχές, όπως στη Λατινική Αμερική, τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη η αλίευση ορισμένων ειδών είναι σχετικά νέα διαδικασία ή βρίσκεται ακόμη σε στάδιο ανάπτυξης (Purcell, 2014).

3.3 Υπεραλίευση ολοθούριων

Τα αποθέματα των ολοθουρίων είναι υπεραλιευμένα σε πολλές χώρες, σαν αποτέλεσμα της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης αγοράς, της ανεξέλεγκτης εκμετάλλευσης και της ανεπαρκούς διαχείρισης της αλιείας (Conand 2004, 2008). Τα χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής των ολοθουρίων τα κάνουν ιδιαίτερα ευάλωτα στην υπεραλίευση λόγω της αργής ανάπτυξης, των μικρών πυκνοτήτων αναπαραγωγής και της αργής αναπαραγωγικής ωρίμανσης (Uthicke et al. 2005).

Με εξαίρεση την Κίνα, όπου ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής των ολοθουρίων προέρχονται από τις υδατοκαλλιέργειες (περίπου 10.000 τόνοι ξηρού βάρους / έτος), σε άλλες χώρες, η παραγωγή προέρχεται κατά κύριο λόγο, αν όχι αποκλειστικά, από την αλιεία (Choo 2008). Οι Φιλιππίνες και η Ινδονησία αν και αποτελούν μεγάλες χώρες παραγωγής ολοθουρίων, υστερούν σε θέματα που αφορούν σε ειδικά μετρά διαχείρισης αλιείας των ολοθουρίων. Εκτός αυτού, η έλλειψη επαρκών στατιστικών στοιχείων, η απώλεια ενδιατημάτων, η υπερβολική και ανεξέλεγκτη χρήση είναι μερικές ακόμη απειλές για τη διατήρηση των αλιευτικών αποθεμάτων του είδους (Choo 2008).

Εκτός από ορισμένες εύκρατες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου, οι πληθυσμοί βρίσκονται υπό εντατική εκμετάλλευση σε όλο τον κόσμο (Conand & Byrne 1993, Uthicke 2005, Kinch et al. 2008, Mmbaga et al. 2004). Τα ολοθούρια εκτρέφονται στην Κίνα από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 και ακολουθούν η Μαλαισία, η Κορέα και η Ιαπωνία (Akamine 2004). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής εξάγεται κατά κύριο λόγο στην αγορά της Ασίας, με την Κίνα και το Χονγκ Κονγκ να είναι οι κυριότεροι προορισμοί των εξαγωγών (Chen 2003). Κατά την περίοδο 1983-1990, η ισχυρή αύξηση της ζήτησης για τα ολοθούρια είχε ως συνέπεια την αύξηση του ενδιαφέροντος για την εκτροφή τους (Morgan et al. 1999). Καθώς η ζήτηση για τα προϊόντα των ολοθουρίων έχει αυξηθεί, η εκτροφή νέων ειδών έχει θεωρηθεί αναγκαία (Conand 2004). Πλέον τα ολοθούρια εκτρέφονται στην Τανζανία, στην Παπούα Νέα Γουινέα, στην Αυστραλία, στις Σεϋχέλλες, στα νησιά Γκαλαπάγκος, Σολομώντα και Νότιας Θάλασσας, της Κίνας, στην Κούβα, στη Μαδαγασκάρη, στην Αίγυπτο, στις Φιλιππίνες, στη Μαλαισία, στην Ινδονησία και στην Ιαπωνία (Gamboia et al. 2004, Conand 2008). Υπάρχουν περισσότερα από 134 βρώσιμα είδη κατά μήκος της ακτής της Κίνας που έχουν εμπορικό ενδιαφέρον. Το είδος *Apostichopus japonicus*

είναι το κύριο είδος εκτροφής, αλλά περισσότερα από 30 είδη με μικρότερη εμπορική αξία έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης και εκμετάλλευσης (Chen et al. 2004).

3.4 Διεθνή Μέτρα για την Αλίευση Ολοθούριων

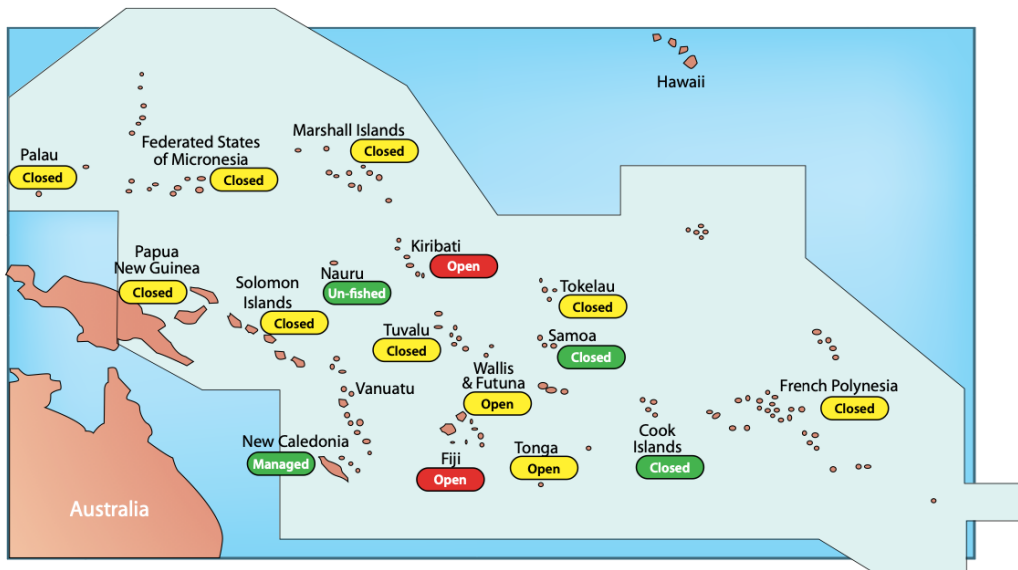
Το 1982 η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο της θάλασσας παρείχε ένα νέο πλαίσιο για την καλύτερη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων. Το νέο νομικό καθεστώς των ωκεανών έδωσε στα παράκτια κράτη δικαιώματα και ευθύνες για τη διαχείριση και τη χρήση των αλιευτικών πόρων εντός των περιοχών της εθνικής τους δικαιοδοσίας, οι οποίες καλύπτουν το 90% της θαλάσσιας αλιείας παγκοσμίως. Αν και η παγκόσμια αλιεία είναι ένας δυναμικά αναπτυσσόμενος κλάδος της βιομηχανίας τροφίμων, κατέστη σύντομα σαφές ότι πολλοί αλιευτικοί πόροι δεν μπορούσαν να διατηρήσουν μία συχνά ανεξέλεγκτη αύξηση της εκμετάλλευσης. Σαφή σημάδια υπερεκμετάλλευσης αποθεμάτων, τροποποιήσεις οικοσυστημάτων, σημαντικές οικονομικές απώλειες, εδαφικές διαφορές μεταξύ ομάδων αλιέων και διεθνείς συγκρούσεις σχετικά με τη διαχείριση και το εμπόριο απειλούσαν τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της αλιείας και τη συμβολή τους στον εφοδιασμό τροφίμων. Ως εκ τούτου, η δέκατη ένατη σύνοδος της Επιτροπής Αλιείας του FAO (COFI), που πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 1991, συνέστησε νέες προσεγγίσεις στη διαχείριση της αλιείας (Purcell et al.,2010)..

Τα ολοθούρια είναι σημαντικοί πόροι για πολλούς παράκτιους πληθυσμούς για περισσότερες από σαράντα (40) χώρες. Δυστυχώς η εκτεταμένη υπερεκμετάλλευση των άγριων αποθεμάτων είναι πιθανόν να οδηγήσει σε μείωση της βιοποικιλότητας και θέτει σε κίνδυνο την μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της αλιείας. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός τροφίμων και Γεωργίας (FAO) έχει παρουσιάσει ένα «χάρτη πορείας» για να καθοδηγήσει τους διαχειριστές της αλιείας στην επιλογή κατάλληλων ρυθμιστικών μέτρων και δράσεων ώστε να αποκατασταθεί η βιωσιμότητα της αλιείας ολοθούριων (Purcell et al.,2010).

Πολλές περιοχές στα νησιά του Ειρηνικού όπου, παραδοσιακά, αλιεύονταν ολοθούρια δεν έχουν καταφέρει να αναπτύξουν αποτελεσματικά πλαίσια διαχείρισης της

αλιείας, να θέσουν κανονιστικά μέτρα και να επιβάλουν την εφαρμογή τους. Έχουν αναγκαστεί για να ελέγξουν την εκμετάλλευση των ολοθούριων να λάβουν δραστικά μέτρα και έχουν φθάσει ακόμη και στο σημείο να απαγορεύσουν την αλίευση τους, ώστε να μπορέσουν να ασκήσουν κάποιο έλεγχο και να επιτρέψουν στα ολοθούρια να αναπαραχθούν και να συνέλθουν από την υπερεκμετάλλευση (Pakoa & Bertram, 2013).

Στην παρακάτω εικόνα 3.1 χρησιμοποιείται ένας κωδικός χρωμάτων για να δηλώσει την κατάσταση της αλιείας στην περιοχή των Νήσων του Ειρηνικού κατά το έτος 2013. Με κόκκινο δηλώνονται οι χώρες που έχουν σχετικά λίγα μέτρα για τον έλεγχο της αλιείας με κίτρινο είναι οι περιοχές που είναι κλειστές για μία πενταετία ή εφαρμόζουν «ανοικτή»-«κλειστή» περίοδο καθώς διαμορφώνουν ή αναθεωρούν τα σχέδια διαχείρισης και, με πράσινο η σχετικά καλά διαχειριζόμενη αλιεία (Pakoa & Bertram, 2013).



Εικόνα 3.4.1. : Νησιά Ειρηνικού. Κατάσταση αλιείας κατά το 2013

Για παράδειγμα το 2012, η Δημοκρατία των Νήσων Μάρσαλ όρισε κανονισμούς με στόχο την προώθηση της αειφόρου χρήσης, της σωστής συντήρησης και διαχείρισης, καθώς και της εξαγωγής ολοθούριων. Καθορίστηκε ποια εργαλεία αλίευσης

απαγορεύονται, ποια είδη ολοθούριων επιτρέπεται να αλιευθούν και από ποιες περιοχές. Έδωσε την αρμοδιότητα στην Τοπική Αυτοδιοίκηση σε συνεννόηση με τις αρμόδιες Αρχές, να μπορεί να δηλώσει ολόκληρο ή μέρος του έτους ως «ανοικτή» ή «κλειστή» περίοδο αλίευσης (Republic of the Marshall Islands, 2012).

Το Pacific Islands Regional Oceanscape Program (PROP) χρηματοδοτείται από την Παγκόσμια Τράπεζα (The World Bank) και στοχεύει στη βελτίωση του περιβάλλοντος και στην ποιότητα των πόρων των Νήσων του Ειρηνικού, ώστε να αυξήσει τα οικονομικά οφέλη που δημιουργούνται από τη βιώσιμη διαχείριση της θαλάσσιας και παράκτιας αλιείας της περιοχής και τα κρίσιμα ενδιαίτημα³ που υποστηρίζουν την αλιεία αυτή. Ένα από τα αντικείμενα του PROP είναι η βελτίωση της διαχείρισης της αλιείας ολοθούριων και του εμπορίου beche-de-mer. Αποδέκτες είναι οκτώ (8) από τους Νήσους του Ειρηνικού : Φίτζι (2018), Κιριμπάτι (2013), Παπούα Νέα Γουινέα (2016, 2018), Νήσοι Μάρσαλ (2012), Σαμόα (2015), Νησιά Σολομώντος (2014), Τόνγκα (2007) και Βανουάτου (2017) (Lee et al., 2020).

Τα μέτρα που έχουν τεθεί από το PROP ως προτεραιότητες είναι (Lee et al., 2020):

- Η επιβολή ελάχιστων ορίων μεγέθους, έτσι ώστε να επιτρέπεται να παραμένουν στο φυσικό περιβάλλον επαρκής αριθμός ολοθούριων για αναπαραγωγή.
- Οι εντατικές και ευρείες ενημερωτικές εκστρατείες, ώστε οι αλιείς, αλλά και οι εξαγωγείς, να αποκτήσουν γνώση των κανόνων που θα επιβληθούν και των κυρώσεων για τη μη συμμόρφωσή τους. Επίσης, θεωρείται ωφέλιμο οι ενδιαφερόμενοι να κατανοήσουν το σκεπτικό που κρύβεται πίσω από τους κανόνες αυτούς (διάσωση των ολοθούριων και μακρόχρονη εκμετάλλευσή τους).
- Έλεγχος ότι οι εξαγωγείς τηρούν όλους τους όρους αδειοδότησης και συμμορφώνονται με τους κανόνες, αγοράζοντας beche-de-mer στα σωστά όρια μεγέθους και σε δίκαιες τιμές για τους αλιείς.

³ Ενδιαίτημα: το φυσικό περιβάλλον στο οποίο ζει και αναπαράγεται ένα είδος, ένας πληθυσμός ή μία βιοκοινότητα

3.5 Ελληνική Νομοθεσία

Η αλιεία των ειδών ολοθούριων του γένους *Holothuria* spp στον ελληνικό χώρο υπόκειται σε ρυθμιστικά μέτρα τα οποία ελήφθησαν με το προεδρικό διάταγμα αριθμ. 48/2018. Είναι ρυθμίσεις που καθορίζουν τη χρήση του είτε ως προϊόν που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση είτε ως δόλωμα από επαγγελματίες ή ερασιτέχνες αλιείς. Πιο συγκεκριμένα (Προεδρικό διάταγμα 49/2018):

- Στο άρθρο 2, ορίζεται ότι η αλιεία ολοθούριων επιτρέπεται μόνο από επαγγελματίες αλιείς με σκάφος που διαθέτει αλιευτική άδεια, έχει συσκευή δορυφορικής παρακολούθησης (VMS) και τηρεί ηλεκτρονικό ημερολόγιο αλιείας (ERS).
- Στο άρθρο 3, δηλώνεται σαφώς ότι η συλλογή των ολοθούριων πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με το χέρι, είτε με ελεύθερη κατάδυση είτε με στολή κατάδυσης.
- Στο άρθρο 4, καθορίζεται η επιτρεπόμενη αλιευτική περίοδος, η οποία είναι από 01 Νοεμβρίου ως 30 Απριλίου. Η αλιεία των ολοθούριων επιτρέπεται για καθορισμένες ώρες της ημέρας, μία ώρα μετά την ανατολή μέχρι μία ώρα πριν τη δύση, και οι περιοχές αλίευσης είναι καθορισμένες .
- Στο άρθρο 5, ρυθμίζεται το ελάχιστο επιτρεπόμενο νωπό βάρος κατά την αλίευση κυμαίνεται στα εκατό ογδόντα (180)g / άτομο και ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός αλιευόμενων ατόμων ανά σκάφος ανά ημέρα είναι τετρακόσια (400).
- Στο άρθρο 8, ορίζονται οι κυρώσεις για τους παραβάτες.

3.6 Μέθοδος επεξεργασίας ολοθούριων

Με τον όρο επεξεργασία εννοείται η μετατροπή των ζωντανών ολοθούριων σε μορφή προϊόντος κατάλληλο να εξαχθεί ή να πωληθεί για κατανάλωση, πχ αλατισμένο, κατεψυγμένο, αποξηραμένο ή κονσερβοποιημένο. Όπως ήδη αναφέρθηκε, συχνότερα τα ολοθούρια συναντώνται ως αποξηραμένα προϊόντα (beche-de-mer), το οποίο μπορεί να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί πιο εύκολα. Στις παρακάτω εικόνες διακρίνονται ορισμένα από τα ολοθούρια, έτσι όπως συναντώνται στη φυσική τους μορφή και ύστερα από κατεργασία.



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 : ΗΟΛΟΘΗΥΙΑΣCΑΒRΑ (ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΟ)
ΠΗΓΗ: PURCELL, 2014



ΕΙΚΟΝΑ 3.6.1: ΗΟΛΟΘΗΥΙΑLESSONΙ (ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΟ)



ΕΙΚΟΝΑ 3.6.2: HOLOTHURIA FUSCOGILVA (ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΟ)

Ο Purcell (2014) δημιούργησε ένα εγχειρίδιο με σκοπό να βοηθήσει τους ψαράδες ολοθουρίων των νησιών του Ειρηνικού να επεξεργαστούν και να αποξηράνουν τα φρέσκα αγγούρια θαλάσσης. Η επεξεργασία αυτή, της ξήρανσης, είναι μία διαδικασία που, όπως τονίζεται στο εγχειρίδιο, απαιτεί λεπτούς χειρισμούς και υπομονή, ώστε να μην καταστραφεί το τελικό προϊόν και να μην υποβαθμιστεί η ποιότητα (Purcell, 2014). Ουσιαστικά ξεκινάει από τη χρονική στιγμή που οι ολοθούριοι συλλέγονται. Μέχρι να φθάσει ο ψαράς στη στεριά, θα πρέπει να διατηρούνται σε δροσερό περιβάλλον, σκιά και αν γίνεται, σε θαλασσινό νερό. Περιλαμβάνει διάφορα στάδια: προετοιμασία, μαγείρεμα, κάπνισμα, στέγνωμα και αποθήκευση.

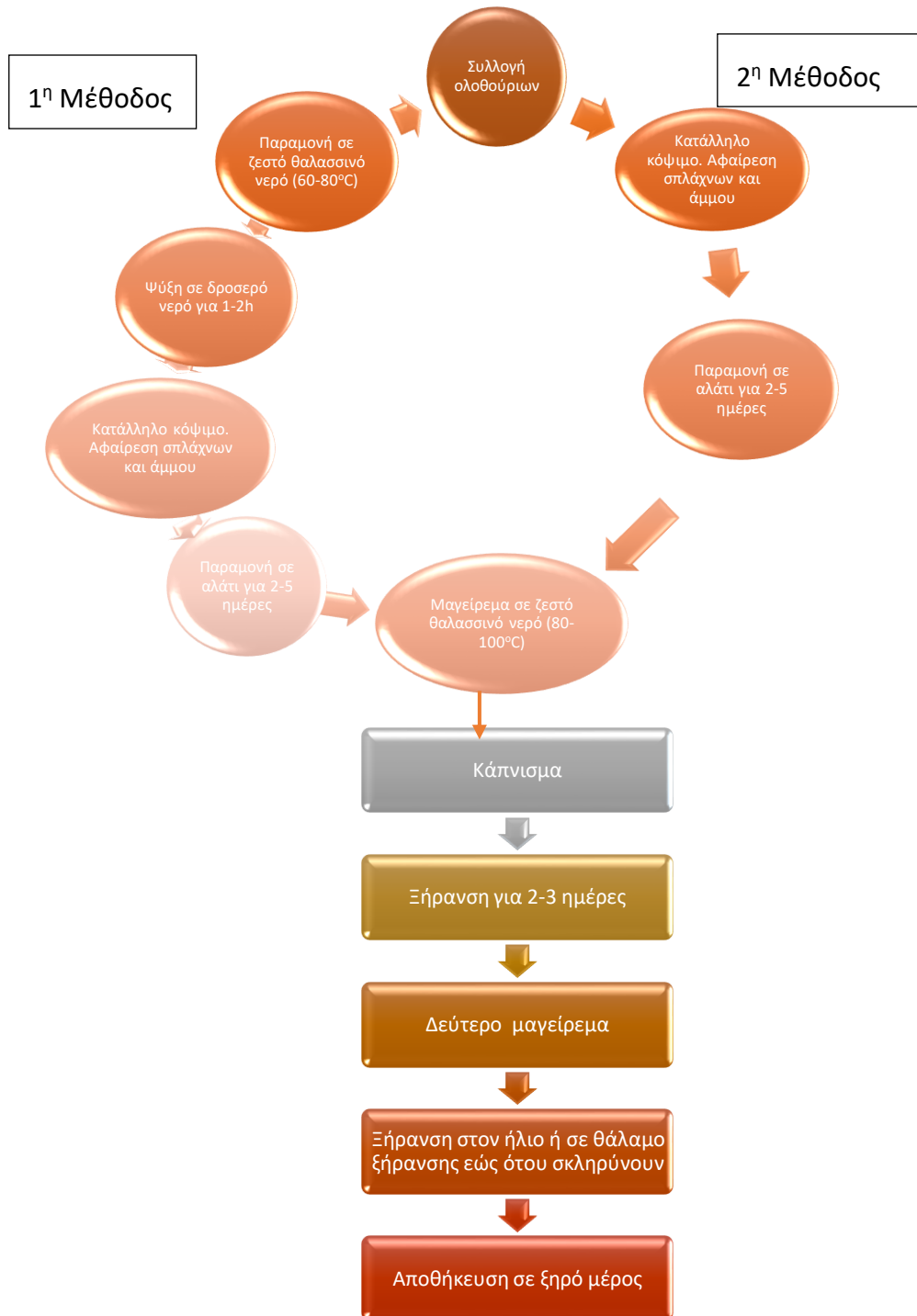
3.6.1 Θέρμανση και ψύξη

Ο Purcell (2014), συστήνει στον παραγωγό-ψαρά του Ειρηνικού, τρόπους επεξεργασίας των ολοθούριων. Προτείνει τα ολοθούρια να θερμαίνονται στους 60-80°C μέσα σε ζεστό θαλασσινό νερό και, έπειτα, να αφήνονται να κρυώσουν σε νερό για 1-2h (διάγραμμα – μέθοδος 1). Είναι επιλογή του παραγωγού η πραγματοποίηση ή μη αυτής της αρχικής θερμικής επεξεργασίας (διάγραμμα- μέθοδος 2) (Purcell, 2014).

3.6.2 Εκσπλαχνισμός

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο εκσπλαχνισμός. Κάθε είδος ολοθούριου απαιτεί η τομή για την αφαίρεση των σπλάχνων του, να πραγματοποιείται σε διαφορετικό σημείο του σώματος του. Οι μικρότερες ευθείες τομές γενικά θεωρούνται καλύτερες για την ποιότητα του τελικού προϊόντος από τις μεγαλύτερες ενώ συνιστάται η αποφυγή της

κοπής από το στόμα ως τον πρωκτό του θαλασσινού. Η αφαίρεση των σπλάχνων και της άμμου θα πρέπει να πραγματοποιείται με επιμέλεια και σχολαστικότητα (Purcell, 2014).



Διάγραμμα 3.6.2.1 : Σχηματική απεικόνιση της εξεργασίας των ολοθούριων

3.6.3 Αλάτιση



ΕΙΚΟΝΑ 3.6.3.1:
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ
ΟΛΟΘΟΥΡΙΩΝ ΣΕ ΑΛΑΤΙ

Το επόμενο στάδιο είναι η παραμονή του ολοθούριου σε αλάτι για 2- 5 ημέρες. Το αλάτι βοηθάει στην αφαίρεση νερού από το σώμα των αγγουριών της θαλάσσης.

Υπάρχουν δύο γενικές μέθοδοι αλάτισης (Purcell, 2014).

- **Υγρή αλάτιση:** Τα ολοθούρια τοποθετούνται σε στεγανό δοχείο με στρώματα αλατιού. Τα αποβαλλόμενα υγρά του σώματος τους παραμένουν μέσα στο δοχείο και στο τέλος το αλάτι γίνεται άλμη μέσα στην οποία βρίσκονται και τα αγγουράκια της θάλασσας. Συνήθως χρησιμοποιείται τουλάχιστον 1 κιλό αλάτι ανά 3 κιλά ολοθούρια.

- **Ξηρή αλάτιση:** Μετά τη θέρμανση σε ζεστό θαλασσινό νερό και τον εκσπλαχνισμό, τα ολοθούρια τοποθετούνται πάνω σε επιφάνεια με σχισμές οι οποίες επιτρέπουν στα αποβαλλόμενα υγρά από το σώμα τους να στάζουν και να απομακρύνονται. Χρησιμοποιείται τουλάχιστον 1 κιλό αλάτι για 1 κιλό ολοθούριων. Το αλάτι αυτό αφού χρησιμοποιηθεί μερικές φορές, στην συνέχεια ξεπλένεται, στεγνώνει και επαναχρησιμοποιείται.

3.6.4 Μαγείρεμα

Μετά την αλάτιση το ολοθούριο μαγειρεύεται στους 80-100°C κατά προτίμηση σε θαλασσινό νερό. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το μαγείρεμα των αγγουριών της θάλασσας. Το μαγείρεμα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο δέρμα τους. Η καλύτερη μέθοδος θεωρείται ότι είναι να τοποθετούνται τα ολοθούρια σε κατάλληλο σκεύος με ζεστό θαλασσινό νερό. Το μίγμα αφήνεται να αποκτήσει θερμοκρασία βρασμού ή κοντά στη θερμοκρασία αυτή και ακολουθεί μαγείρεμα για 10-40 λεπτά περίπου, ανάλογα με το μέγεθος των ολοθουρίων. Στη συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία του καπνίσματος, σε όσες περιοχές συνηθίζεται, της ξήρανσης για 2-3 ημέρες και έπειτα επανάληψη του

μαγειρέματος-καπνίσματος- ξήρανσης για μία δεύτερη ή ακόμη και μία τρίτη φορά θεωρηθεί απαραίτητο (Purcell, 2014).

3.6.5 Ξήρανση και αποθήκευση

Ακολουθεί ξήρανση στον ήλιο ή σε κατάλληλους θαλάμους ξήρανσης μέχρι το ολοθούριο να στεγνώσει πλήρως και να σκληρύνει. Ακολουθεί αποθήκευση σε ξηρό μέρος μέχρι το προϊόν να διατεθεί στην αγορά (Purcell, 2014).



ΕΙΚΟΝΑ 3.6.5.1: ΞΥΛΑΚΙΑ ΠΟΥ ΒΟΗΘΟΥΝ ΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΛΟΘΟΥΡΙΟΥ

Η ξήρανση είναι μία διαδικασία που μπορεί να διαρκέσει αρκετές μέρες ανάλογα με τον καιρό και τη μέθοδο ξήρανσης που χρησιμοποιείται. Σε ορισμένα ολοθούρια μεγάλου μεγέθους για να διευκολυνθεί η διαδικασία, μπορεί να τοποθετηθούν ξυλάκια, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα.

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ξήρανσης πρέπει ιδανικά να κυμαίνεται μεταξύ 35 και 45°C. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες δεν είναι καλές, επειδή τα σώματα των ολοθουρίων κινδυνεύουν να κυρτώσουν ή να χάσουν το σχήμα τους.

3.6.6 Παραδείγματα καλής και κακής επεξεργασίας ολοθουρίων

Στις παρακάτω εικόνες στον πίνακα 3.1, παρουσιάζεται το είδος του ολοθουρίου όπως είναι μέσα στο φυσικό περιβάλλον, αριστερά παραδείγματα καλής επεξεργασίας, ενώ δεξιά παραδείγματα επεξεργασίας η οποία παρουσιάζει προβλήματα.

Σωστή Επεξεργασία	Λάθος επεξεργασία		
 <p><i>Actinopyrga mauritiana</i></p>			
 <p>Χωρίς ζημιά</p>	 <p>Σωστή τομή</p>	 <p>Λάθος τομή στην άνω επιφάνεια</p>	 <p>Μεγάλη τομή κατά μήκος</p>
 <p><i>Holothuria fuscogilva</i></p>			
 <p>Ευθύγραμμο σχήμα</p>	 <p>Καλή τομή</p>	 <p>Τομή που δεν είναι ευθεία</p>	 <p>Εγκαύματα που οφείλονται σε έκθεση στον ήλιο πριν το μαγείρεμα</p>



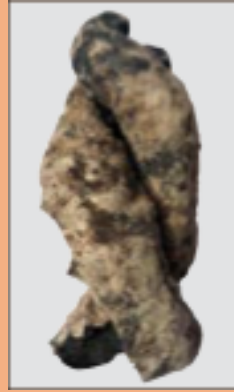
Holothuria whitmaei



Χωρίς ζημιά



Χωρίς ζημιά



Μεγάλη τομή και περιστροφή



Κάψιμο κατά το κάπνισμα



Stichopus chloronotus



Διατηρεί το χρώμα, χωρίς ζημιά



Καλή τομή, χωρίς ζημιά

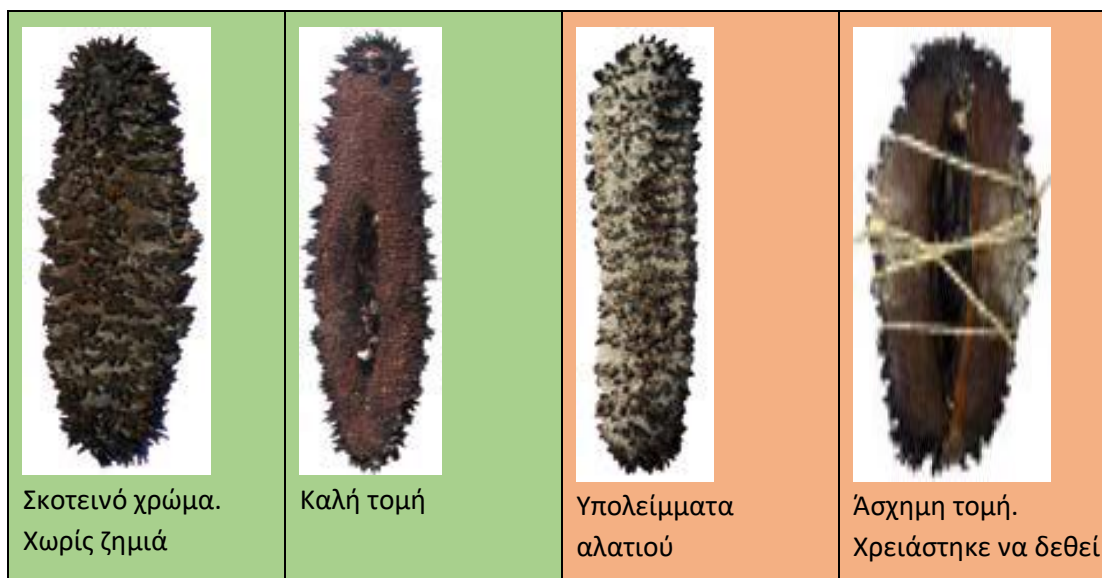


Μεγάλη τομή. Απώλεια χρώματος



Αλλοιωμένο δέρμα





Πίνακας 3.6.6.1 : Σωστή και λάθος επεξεργασία ολοθούριων

3.7 Εμπόριο και προϊόντα στην αγορά

Τα ολοθούρια καταναλώνονται από τους Κινέζους και άλλους Ασιάτες για αιώνες για τις θεραπευτικές και διατροφικές ιδιότητες τους. Καταγράφηκαν ως τονωτικό φαγητό ήδη από τη δυναστεία των Μινγκ (1368-1644 μ.Χ.) . Πολλοί Ασιάτες πιστεύουν ότι τα ολοθούρια μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του πόνου στις αρθρώσεις και της αρθρίτιδα, στην αποκατάσταση της σωστής λειτουργίας του εντέρου και των ούρων, στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και στη θεραπεία ορισμένων μορφών καρκίνου. Σε μικρότερο βαθμό, τα ολοθούρια καταναλώνονται ως αφροδισιακά (Purcell et al., 2010).

Είναι πλούσια σε βλεννοπολυσακχαρίτες⁴ και θειική χονδροϊτίνη, γνωστά στα δυτικά φάρμακα ως θεραπείες για αρθρίτιδα και παθήσεις των αρθρώσεων (Purcell et al., 2010).

⁴ Βλεννοπολυσακχαρίτες ή γλυκοζαμινογλυκάνες: μακρομόρια που σχηματίζονται από μία επαναλαμβανόμενη μονάδα δισακχαρίτη.

Στο παρελθόν, τα ολοθούρια ήταν τροφή για τους πλούσιους Ασιάτες οι οποίοι μπορούσαν να αντέξουν το οικονομικό κόστος της κατανάλωσης τους, ή ως λιχουδιές σε εορταστικές περιόδους, όπως η Κινέζικη Πρωτοχρονιά. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι Κινέζοι και άλλοι Ασιάτες τρώνε πιο συχνά ολοθούρια λόγω της αυξημένης ευημερίας και του μεγαλύτερου διαθέσιμου εισοδήματος για πολυτελή τρόφιμα. Αυτή η αυξημένη ζήτηση είναι η πρωταρχική αιτία των υψηλών τιμών των ολοθούριων παγκοσμίως και η κινητήρια δύναμη της αυξημένης εκμετάλλευσης των αποθεμάτων (Purcell et al., 2010)

Τα αποξηραμένα ολοθούρια αποτελούν αντικείμενο εμπορικής ανταλλαγής εδώ και αιώνες. Είναι ένα προϊόν που μπορεί να μεταφερθεί χωρίς ψύξη σε μεγάλες αποστάσεις και να παραμείνει αποθηκευμένο και αναλλοίωτο για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του έτους.



Εικόνα 3.7.1: Αποξηραμένα Ολοθούρια στην αγορά της Ασίας

Τα ολοθούρια από πολλούς θεωρούνται εδέσματα, όπως ο καρχαρίας ή ορισμένα άλλα αποξηραμένα θαλασσινά. Τα νωπά ή ζωντανά ζώα ονομάζονται αγγούρια της θάλασσας ή ολοθούρια. Αλλά, συνήθως, στην αγορά διατίθενται στην αγορά αφού πρώτα υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία (εκσπλαχνισμός-βράσιμο) και αποξηραθούν σωστά. Τότε ονομάζονται «beche-de-mer» ή «trepang» ή «haishen». Όταν το «beche-de-mer» αγοραστεί, ανασυντίθεται με απαλό βρασμό (Purcell, 2014).

Τα περισσότερα από τα αποξηραμένα ολοθούρια, όπως αναφέρθηκε, οδηγούνται στην ασιατική αγορά αποξηραμένων θαλασσινών. Ο κύριος προορισμός είναι το Χονγκ Κονγκ, αλλά πολλά από τα προϊόντα μεταφέρονται και σε άλλους προορισμούς

όπως η Ταϊβάν, η Κορέα και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Πωλούνται είτε χύμα είτε συσκευασμένα και η τιμή εξαρτάται από το βάρος και την ποιότητα. (Purcell, 2014).

Στους Ασιάτες καταναλωτές αρέσουν τα αποξηραμένα αγγούρια που είναι ευθεία, χωρίς βλάβη στο δέρμα, έχουν σκούρο χρώμα (για σκοτεινά είδη), ήπια μυρωδιά και δεν καλύπτονται από αλάτι. Οι τιμές είναι τόσο πιο υψηλές, όσο τα προϊόντα ανταποκρίνονται σε αυτά τα χαρακτηριστικά. Γενικά η αξία κάθε είδους όταν ξηραίνεται εξαρτάται από το ίδιο το είδος, το μέγεθος του προϊόντος και την ποιότητα της επεξεργασίας (χρώμα, μυρωδιά, υφή) (Purcell, 2014). Τα μεγαλύτερα ζώα γενικά έχουν υψηλότερη τιμή ανά κιλό από τα μικρότερα. Το ιαπωνικό ολοθούριο, *Apostichopus japonicus*, το 2010 είχε τιμή μεγαλύτερη από 300 USD. kg-1 (περίπου 246 €.kg-1) στη λιανική αγορά, εάν τα ζώα βρίσκονταν σε τέλεια, ευπαρουσίαστη κατάσταση. Ορισμένα τροπικά είδη, ιδιαίτερα το *Holothuria scabra* και το *Holothuria lessona* έφθασαν τιμή πώλησης τα 460 USD. kg-1 (περίπου 377,33 €.kg-1). Ωστόσο, ορισμένα άλλα είδη ή μεμονωμένα ζώα που δεν έχουν υποστεί σωστή επεξεργασία, είχαν τιμή που αντιστοιχούσε σε ένα μικρό κλάσμα αυτών των τιμών (Purcell, et al, 2010).

Στην ασιατική αγορά, η οποία αποτελεί και το μεγαλύτερο καταναλωτή ολοθουριών εμφανίστηκαν νέες μορφές προϊόντων, όπως έτοιμα για μαγείρεμα προϊόντα τα οποία είναι μερικώς επεξεργασμένα και όχι αποξηραμένα, κατεψυγμένα ολοθούρια, συνήθως εκσπλαχνισμένα, χύμα ή συσκευασμένα. Επίσης, τα ολοθούρια άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως εκχυλίσματα στα οποία αποδίδονται τονωτικές και θεραπευτικές ιδιότητες και λειτουργούν ως συστατικά σαπουνιών, κρέμες σώματος, σαμπουάν, οδοντόκρεμας καλλυντικών κ.α. (Robinson&Lovetelli, 2015).



Εικόνα 3.7.2.:*Parastichorus californicus* κατεψυγμένα και χύμα σε μαγαζί πώλησης

θαλασσινών στο Πεκίνο, Κίνα



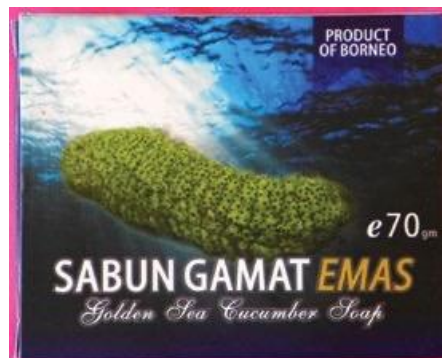
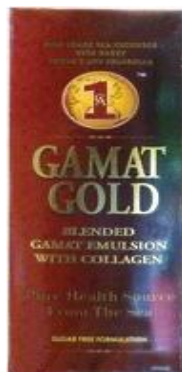
Εικόνα 3.7.3:
Μεσαίου μεγέθους Holothuria scabra σε συσκευασία υπό κενό στην Chinatown,



Εικόνα 3.7.4 :*Stichopus hermanni σε συσκευασία υπό κενό ημιπεξεργασμένο σε κατάστημα*



Εικόνα 3.7.5: *Νερό Gamat*



Εικόνες 3.7.6-3.7.7: *Πόσιμο γαλάκτωμα με εκχύλισμα από ολοθούριο (αριστερά) και σαπούνι (δεξιά)*

Για παράδειγμα το νερό gamat, σύμφωνα με τις πληροφορίες που έχει στην ετικέτα, πιστεύεται ότι θεραπεύει τις πληγές, μειώνει το πρήξιμο, αυξάνει την όρεξη, βελτιώνει την κυκλοφορία του αίματος και διατηρεί την καλή υγεία. Παρασκευάζεται

με σιγοβράσιμο ολόκληρου του *Stichopus sp.* ολοθούριου σε νερό για τρεις ημέρες χωρίς την προσθήκη νερού. Αυτό το καθαρό υγρό στη συνέχεια αραιώνεται με νερό και διατίθεται στην αγορά ως νερό gamat (Purcell et al, 2004). Επίσης, το είδος *S. herrmanni* χρησιμοποιείται ευρέως ως θεραπεία για άσθμα, υπέρταση, ρευματισμούς, κόλπους, και εγκαύματα στη Μαλαισία (Bilgin & Tanrikulu, 2018).

3.8 Εκτροφή ολοθούριων

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η υψηλή εμπορική αξία και η αυξανόμενη ζήτηση των ολοθούριων έχουν εντείνει την εκμετάλλευσή τους στο φυσικό περιβάλλον, γεγονός που έχει οδηγήσει σε υπεραλίευσή τους και σε δραματική μείωση των φυσικών αποθεμάτων τους. Αν τα ολοθούρια εξαφανιστούν από μία περιοχή, είναι αναμενόμενο ότι η τροφική αλυσίδα του θαλάσσιου οικοσυστήματος θα επηρεαστεί αρνητικά, καθώς καταναλώνουν την οργανική ύλη που συσσωρεύεται στον πυθμένα της θάλασσας, ειδικά στις παράκτιες περιοχές (Rakajetal, 2017).

Η θαλάσσια εκτροφή και η ανασύσταση του πληθυσμού μέσω της υδατοκαλλιέργειας θα μπορούσε να βοηθήσει στον μετριασμό των συνεπειών της υπεραλίευσής του. Είναι μία βιώσιμη εναλλακτική λύση για την κάλυψη της τρέχουσας ζήτησης στην αγορά και τη μείωση της πίεσης που ασκείται στα άγρια φυσικά αποθέματα ολοθούριων (Rakajetal, 2017). Μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο σε χερσαίες εγκαταστάσεις μέσα σε δεξαμενές όσο και στη θάλασσα μέσα σε κλωβούς. Οι κλωβοί καλλιέργειας ολοθούριων μπορούν να τοποθετούν ακόμη και κοντά σε κλωβούς που καλλιεργούνται ψάρια. Αυτή η γειτνίαση επιτρέπει τη μίμηση της ροής ενέργειας που ισχύει στα φυσικά οικοσυστήματα αποτελεί μία μορφή πολυτροφικής υδατοκαλλιέργειας⁵. Ουσιαστικά, τα απόβλητα των ιχθυοκλωβών λειτουργούν ως τροφή για τα ολοθούρια, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του συνολικού οργανικού φορτίου που η ιχθυοκαλλιέργεια αποβάλλει στο περιβάλλον (nd, 2019).

⁵ Πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια: η καλλιέργεια δύο ή περισσότερων υδρόβιων οργανισμών από διαφορετικά τροφικά επίπεδα στις ίδιες εγκαταστάσεις

Πολλοί ερευνητές τα τελευταία χρόνια έχουν δείξει ενδιαφέρον για την τεχνητή αναπαραγωγή και την εκτροφή διαφόρων ειδών ολοθούριων ανά τον κόσμο. Ο James (2004) σε μία έκθεσή του περιγράφει τις τεχνικές εκκολαπτηρίου που χρησιμοποιήθηκαν για το είδος *Holothurias cabra* στην Ινδία. Το 1988 για πρώτη φορά στο ερευνητικό κέντρο του Ινστιτούτου ερευνών κεντρικής θαλάσσιας αλιείας Tuticorin στην νοτιοανατολική ακτή της Ινδίας ξεκίνησε η συλλογή του γεννήτορα από το φυσικό περιβάλλον και η εκτροφή αυτού του είδους (James, 2004). Οι Dabbagh&Sedaghat (2012) σε ένα άρθρο που έχουν δημοσιεύσει και περιγράφουν το πρωτόκολλο που έχει εφαρμοστεί για την εκτροφή του είδους *Holothuriascabra* στο Ιράν (Dabbagh&Sedaghat, 2012). Ο Dominiquez -Godino και οι συνεργάτες του (2015) αξιολόγησαν την πιθανή χρήση του *Holothuriaarguinensis* στην υδατοκαλλιέργεια και τη δυνατότητα ενίσχυσης των φυσικών πληθυσμών. Περιέγραψαν την ανάπτυξη των εμβρύων και των προνυμφών για καλύτερη κατανόηση και εφαρμογή στη θαλάσσια διατήρηση του είδους και στη γενετική ανάπτυξη του πληθυσμού (Dominiquez-Godino et al, 2015). Ο Rakaj και οι συνεργάτες του (2017) μελέτησαν την επιτυχή τεχνητή αναπαραγωγή και εκτροφή του *Holothuria tubulosa* και το δυναμικό τους ως νέο είδος για τη μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια. Πρόκειται για ένα είδος-στόχο που συλλέγεται ενεργά στην Τουρκία, την Ελλάδα, την Ιταλία, την Ισπανία και από εκεί εξάγεται στην αγορά της ανατολικής Ασίας. Δυστυχώς, τα μέτρα διαχείρισης που έχουν ληφθεί για μία βιώσιμη αλιεία αυτού του *Holothuria tubulosa* κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου είναι σπάνια και ανεπαρκής (Rakajetal,2017).

3.8.1 Συλλογή γεννητόρων και συντήρηση των ζώων



ΕΙΚΟΝΑ 3.8.1.1 : ΓΕΝΝΗΤΟΡΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ HOLOTHURIASCABRA.

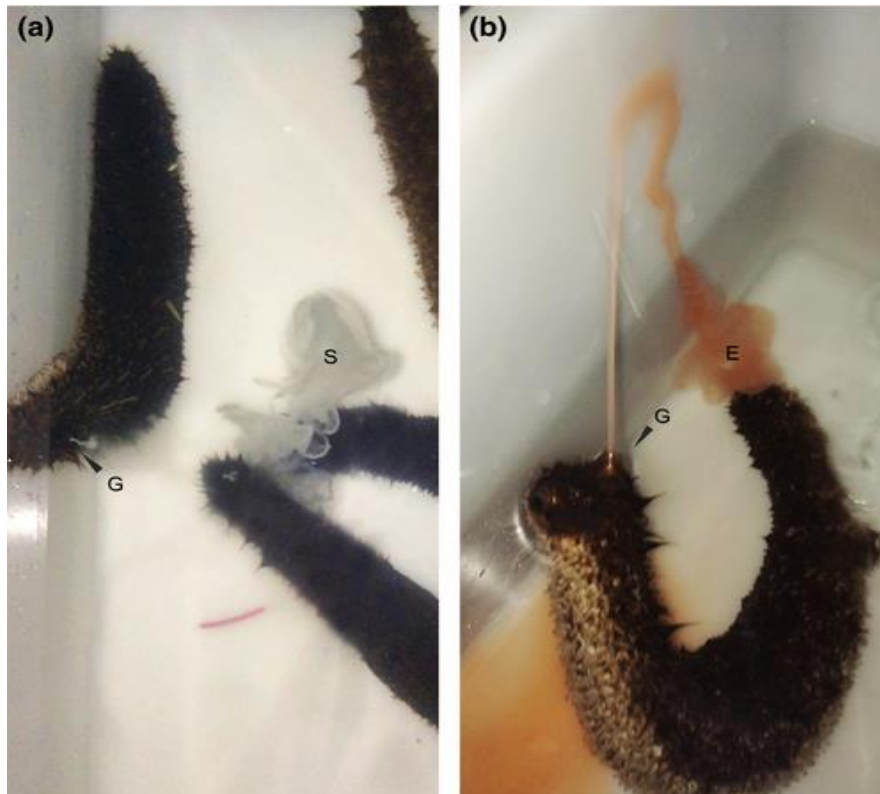
Ένα από τα πρώτα βήματα για την δημιουργία μίας υδατοκαλλιέργειας ολοθούριων είναι η συλλογή των ενήλικων ζώων, που προορίζονται για γεννήτορες. Οι γεννήτορες συλλέγονται από το φυσικό τους περιβάλλον με τον παραδοσιακό συνήθως τρόπο και επιλέγονται ώστε

να έχουν μεγάλο μέγεθος και να είναι υγιείς(James, 2004 ; Dabbagh & Sedaghat, 2012 ; Dominquez-Godinoetal, 2015 ; Rakajetal,2017).

Μετά τη συλλογή τα δείγματα ολοθούριων οδηγούνται σε δεξαμενές, οι οποίες έχουν συνήθως φιλτραρισμένο θαλασσινό νερό. Συνήθως στον πυθμένα των δεξαμενών έχει τοποθετηθεί ίζημα από το σημείο όπου συλλέχθηκαν τα ζώα. Το νερό και το ίζημα ανανεώνονται συχνά. Τα ολοθούρια παραμένουν στη δεξαμενή για ένα διάστημα για να εγκλιματιστούν στις συνθήκες αιχμαλωσίας και αργότερα οδηγούνται για ωοτοκία (James, 2004 ; Dabbagh&Sedaghat, 2012 ; Dominquez-Godinoetal, 2015 ; Rakajetal,2017).

3.8.2 Ωοτοκία και εκτροφή προνυμφών

Τα ολοθούρια έχουν δύο γένη, αλλά στα περισσότερα είδη δεν είναι δυνατόν να διαχωριστούν τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα από μια εξωτερική εξέταση. Στην περίπτωση, για παράδειγμα, του *Holothuria scabra*, μόνο μια μικροσκοπική εξέταση των γονάδων αποκαλύπτει εάν το δείγμα είναι αρσενικό ή θηλυκό. Ωστόσο, είναι δυνατή η διάκρισή τους κατά τη στιγμή της ωοτοκίας, καθώς η συμπεριφορά αναπαραγωγής των δύο φύλων είναι διαφορετική. Συνήθως, τα αρσενικά ξεκινούν πρώτα την αναπαραγωγική διαδικασία, ακολουθούμενα από τα θηλυκά. Το αρσενικό ανυψώνει πρώτα το πρόσθιο άκρο (εικόνα) και κάνει κινήσεις ταλάντευσης, όπως ένα φίδι. Μετά από λίγο, το αρσενικό αρχίζει να απελευθερώνει το σπέρμα σε μια λεπτή λευκή ροή από το γονόπορο που βρίσκεται στο πρόσθιο άκρο και στη μεσαία ραχιαία θέση. Ένα αρσενικό απελευθερώνει τα σπερματοζωάρια για σχεδόν 2 ώρες. Εν τω μεταξύ, τα ώριμα θηλυκά αρχίζουν να αντιδρούν, πιθανώς στην παρουσία σπέρματος που απελευθερώνεται στο νερό. Τα πρόσθια άκρα των θηλυκών διογκώνονται λόγω της πίεσης που δημιουργείται μέσα στο γονόπορο από τη συσσώρευση ωοκυττάρων. Το θηλυκό απελευθερώνει τα ωοκύτταρα που εκτοξεύονται σε απόσταση περίπου ενός μέτρου, βοηθώντας στη διασπορά σε μια ευρεία περιοχή και, έπειτα κατακάθονται στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Οι γαμέτες απελευθερώνονται ως μια ελαφρώς κίτρινη ουσία που μοιάζει με βλέννα. Μερικές φορές τα ίδια θηλυκά απελευθερώνουν ωάρια για δεύτερη ή και τρίτη φορά (James, 2004.



ΕΙΚΟΝΑ 3.8.2.1: HOLOTHURIA TUBULOSA. ΑΡΙΣΤΕΡΑ: ΑΡΣΕΝΙΚΟ ΑΤΟΜΟ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝΕΙ ΣΠΕΡΜΑ (ΣΑΝ ΛΕΥΚΟ ΣΥΝΝΕΦΟ) ΚΑΙ ΔΕΞΙΑ: ΘΗΛΥΚΟ ΑΤΟΜΟ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝΕΙ ΩΑΡΙΑ (ΣΑΝ ΚΙΤΡΙΝΟ-ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ ΣΥΝΝΕΦΟ)

Οι ερευνητές για να πετύχουν τη διέγερση των ολοθούριων-γεννήτορων σε περιβάλλον αιχμαλωσίας και για να ξεκινήσει η αναπαραγωγική διαδικασία εφαρμόζουν διάφορες τεχνικές, ορισμένες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω.

- **Μηχανικό σοκ (ξηρό σοκ):** Οι γεννήτορες διατηρούνται στεγνοί (εκτός νερού) για καθορισμένο χρονικό διάστημα, περίπου 30 λεπτών, και στη συνέχεια υποβάλλονται σε διαβροχή εκτόξευση νερού και μεταφέρονται πίσω στις δεξαμενές ωοτοκίας (Rakajetal,2017).

- **Θερμικό σοκ:** Η θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής ωοτοκίας αυξάνεται κατά 3–5 °C (από 23 ° C σε 26–28 ° C) πριν την μεταφορά των ολοθούριων σε αυτές (Domínguez-Godino et al.,2015) ή αν η μεταφορά των ζώων έχει προηγηθεί, ο υπεύθυνος φροντίζει για την ταχεία άνοδο της θερμοκρασίας (Rakajetal,2017). Η αυξημένη θερμοκρασία διατηρείται για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο της 1,5 ώρας.

Στη συνέχεια, αποκαθίσταται η αρχική θερμοκρασία του νερού (Domínguez - Godino et al., 2015 ; Rakaj et al, 2017).

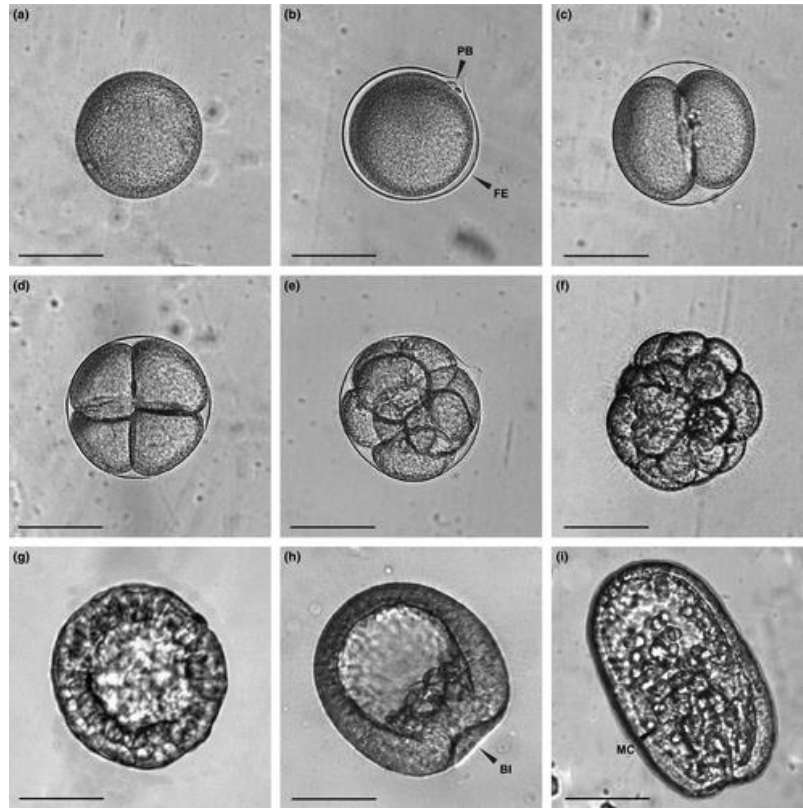
- **Θερμική διέγερση:** Η θερμοκρασία του νερού στις δεξαμενές ωοτοκίας αυξάνεται σταδιακά κατά 2–5 °C (από 23 °C έως 25–26 °C) και η αυξημένη θερμοκρασία διατηρείται για τουλάχιστον 2 ημέρες (Rakaj et al, 2017).

- **Διέγερση Gonad:** Στη δεξαμενή ωοτοκίας και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πραγματοποιείται προσθήκη και ανάμιξη φρέσκου αρσενικού σπέρματος (Domínguez - Godino et al, 2015)

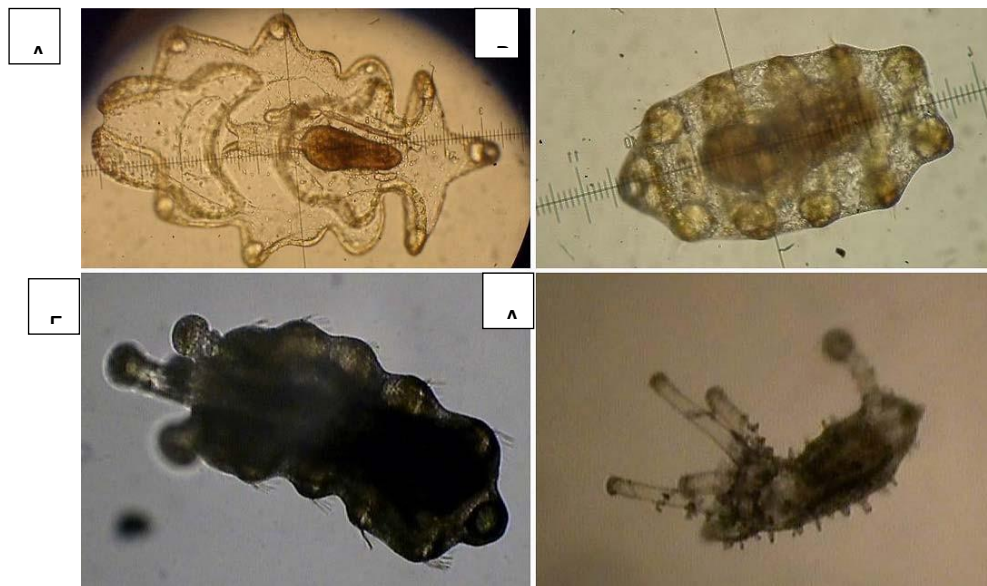
- **Συνδυασμένη θερμική διέγερση και θερμικό σοκ:** Η θερμοκρασία του νερού στις δεξαμενές ωοτοκίας αυξάνεται σταδιακά κατά 2–3°C (από 23°C σε 25–26°C) και διατηρείται σταθερή. Την δεύτερη ημέρα, πραγματοποιείται θερμικό σοκ ανυψώνοντας γρήγορα τη θερμοκρασία του νερού κατά 3°C και στη συνέχεια επαναφέροντάς το στους 25–26°C. Ο συνδυασμός αυτών των δύο μεθόδων σχεδιάστηκε με την προοπτική να επιφέρει καλύτερο έλεγχο του χρόνου αναπαραγωγής (Rakaj et al, 2017).

Η γονιμοποίηση πραγματοποιείται σε περιβάλλον αιχμαλωσίας συνήθως έξω από το σώμα των ολοθούριων. Τα ωκύτταρα γονιμοποιούνται γρήγορα καθώς έρχονται σε επαφή με τα σπερματοζωάρια (εικόνα) (James,2004).

Τα μεγάλα θηλυκά μπορούν να απελευθερώσουν περίπου ένα εκατομμύριο ωκύτταρα. Τα ωάρια είναι σφαιρικά, λευκά και ορατά με γυμνό μάτι και η διάμετρος τους κυμαίνεται από 180 έως 200 μm (James,2004).



Εικόνα 3.8.2.2: Εμβρυϊκή ανάπτυξη του *Holothuria tubulosa*



Εικόνα 3.8.2.3: Αναπτυξιακά στάδια του *Holothuria scabra* μέχρι το νεαρό ανήλικο

Στην παραπάνω εικόνα 3.8.2.3, απεικονίζονται τα αναπτυξιακά στάδια που ακολουθούν τα ολοθούρια. Το γονιμοποιημένο ωάριο διαιρείται και δίνει το γαστρίδιο (εικόνα Α) και σχεδόν μετά από 24 ώρες παρατηρείται το ωτίδιο (auricularia)-το οποίο έχει μήκος 430 μm και πλάτος 280 μm σε αυτό το στάδιο (James,2004).

Κατά τη διάρκεια των επόμενων ημερών, αρχίζουν να εμφανίζονται και οι πλευρικές προεξοχές. Σε κάθε πλευρά της όψιμης προνύμφης auricularia, παρατηρούνται τέσσερις πλευρικές προεξοχές και στο τέλος κάθε προβολής μια σφαίρα υαλίνης. Ο οισοφάγος και το στομάχι αποκτούν σχήμα αχλαδιού και είναι καλά οριοθετημένα (εικόνα : Β). Το μήκος των προνυμφών όψιμης auricularia κυμαίνεται από 660 έως 1050 μm (με μέσο όρο 860 μm) και το πλάτος ήταν 240-690 μm (με μέσο όρο 500 μm) (James,2004).

Κατά το επόμενο στάδιο ανάπτυξης, γύρω στην 13^η ημέρα, το ώριμο ωτίδιο (auricularia) μεταμορφώνεται σε πεντάποδη (pentactula) (εικόνα : Γ). Το σώμα του pentactula είναι σωληνοειδές με πέντε πλοκάμια στο πρόσθιο άκρο. Κινούνται κάτω από την επιφάνεια του νερού και σταδιακά εγκαθίστανται στον πυθμένα της δεξαμενής σαν νεαρά ανήλικα ολοθούρια (James,2004).

3.8.3 Εκτροφή ανήλικων ολοθούριων

Η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραγόντων κατά τα πρώτα στάδια της εκτροφής των ολοθούριων είναι σημαντική δεδομένου ότι οι προνύμφες και τα νεαρά άτομα είναι ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές αλλαγές (James,2004). Ορισμένοι από τους παράγοντες που παρακολουθούνται και ελέγχονται είναι (James,2004):

- **Η θερμοκρασία**
- Το **διαλυμένο οξυγόνο**. Τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου (DO) ποικίλλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο χαμηλότερο είναι το επίπεδο DO.

- Το **pH**. Υπό κανονικές συνθήκες, το θαλασσινό νερό είναι αλκαλικό με pH 7,5-8,5. Οι δοκιμές έχουν δείξει ότι οι προνύμφες προσαρμόζονται σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος pH. Ωστόσο, όταν το pH αυξάνεται πάνω από το 9,0 ή πέφτει κάτω από το 6,0 οι κινήσεις των προνυμφών εξασθενούν και η ανάπτυξη σταματά. Επομένως, το pH του νερού πρέπει να διατηρείται μεταξύ 6.0 και 9.0.

- Η **αλατότητα** του νερού της δεξαμενής ανάπτυξης. Τα ακραία επίπεδα αλατότητας, πολύ υψηλά ή πολύ χαμηλά, επηρεάζουν δυσμενώς την κανονική ανάπτυξη των εμβρύων και των προνυμφών, με αποτέλεσμα μεγάλο αριθμό παραμορφωμένων προνυμφών και θανάτου.

- Το **αμμωνιακό άζωτο**. Η περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε αμμωνιακό άζωτο είναι πολύ χαμηλή. Οι κύριες πηγές στις δεξαμενές αναπαραγωγής είναι οι μεταβολίτες των προνυμφών, η περίσσεια τροφής και οι αποσυντιθέμενοι οργανισμοί. Η συσσώρευση αμμωνίας σε συγκεντρώσεις άνω των 500 mg / m³ μπορεί να είναι επιβλαβής για τις προνύμφες. Οι προνύμφες μπορούν να αναπτυχθούν κανονικά με αμμωνιακό άζωτο στην περιοχή από 70 έως 430 mg / m³ νερού.



Εικόνα 3.8.3.1: Δύο μηνών νεαρά ολοθύρια

3.9 Θρεπτική αξία ολοθούριων

3.9.1 Μέθοδοι προσδιορισμού θρεπτικών συστατικών ολοθούριων

Για τον προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών προτείνονται μέθοδοι ανάλυσης από το AOAC (Association of Official Analytical Chemists)(Παράρτημα) (AOAC,1995). Στον παρακάτω διάγραμμα ροής, αποτυπώνονται τα βασικά στάδια που ακολουθούνται συνήθως κατά την ανάλυση δειγμάτων ολοθούριων.



Διάγραμμα 3.9.1.1: Διάγραμμα ροής δείγματος προς ανάλυση

3.9.2 Θρεπτικά συστατικά νωπών και αποξηραμένων ολοθούριων

Τα ολοθούρια (Holothuroidea) θεωρούνται ότι είναι μια εξαιρετικά θρεπτική τροφή (Oedjoe 2017). Θεωρούνται πολύτιμα διατροφικά προϊόντα, καθώς περιέχουν θρεπτικά συστατικά που είναι σημαντικά για την ανθρώπινη φυσιολογία. Οι οργανικές και μη οργανικές ενώσεις των φρέσκων ολοθούριων ποικίλλουν ανάλογα με το είδος, την εποχή, το περιβάλλον και πιθανώς το στάδιο της οντογένεσης στο οποίο βρίσκονται (Khotimchenko, 2015 ;Oedjoe 2017).

▪ Η περιεκτικότητα σε νερό των ειδών *Holothuria tubulosa*, *Holothuria polii* και *Holothuria mammata* από το Αιγαίο πέλαγος κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 81.24-85.24%. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες υπολογίστηκε σε 7.88-8.82% ενώ η περιεκτικότητα σε λιπαρά 0.09-0.18%. Η τέφρα κυμαίνεται σε ποσοστό 5.13-7.85% (Khotimchenko, 2015).

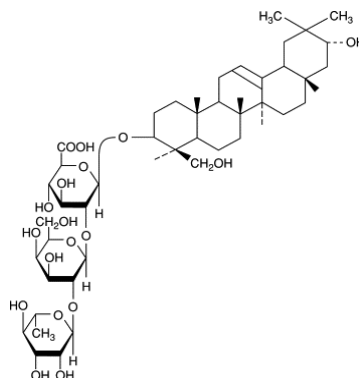
▪ Τα ολοθούρια *Holothuria ranra* και *H. arenicola*, από τον Περσικό Κόλπο, η περιεκτικότητα σε νερό τον μήνα Ιούλιο κυμάνθηκε από 67.82 έως 69.45% η πρωτεΐνη, από 17.61 έως 2.37% ,το λίπος από 2.43 έως 2.88%,οι ίνες από 1.87 έως 2.29% και η τέφρα από 10.86 έως 32.74% (Khotimchenko, 2015).

▪ Στο είδος *Holothuria scabra* από τη Θάλασσα του Μαρμαρά, η περιεκτικότητα σε νερό το Μάιο έως τον Αύγουστο κυμάνθηκε από 84.54% ως 87.1%, η πρωτεΐνη από 5.78% ως 9.53%, το λίπος από 0.17% ως 0.37%, η τέφρα από 3.5 ως 11.06% (Khotimchenko, 2015).

▪ Η κατά προσέγγιση χημική σύνθεση διέφερε αισθητά μεταξύ των ολοθούριων *Parastichopus parvimensis* και *P. californicus*: η περιεκτικότητα σε νερό κυμάνθηκε από 82.0 έως 9.6%, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, από 2.5 έως 13.8%, το λίπος, από 0.1 έως 0.9% · υδατάνθρακες, από 0 έως 2.2%, η τέφρα, από 1.5 έως 4.3%. Οι τιμές αυτών των παραμέτρων εξαρτώνται από τις εποχιακές διακυμάνσεις στη διατροφική συμπεριφορά και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του οικοτόπου (Khotimchenko, 2015).

Η σύσταση αποξηραμένων θαλασσινίων αγγουριών του είδους *Holothuria scabra* υπολογίστηκε σε: πρωτεΐνες (61%-70%), λίπος (2%-3%) ,υδατάνθρακες (2%- 3%), νερό (16%-24%) και τέφρα (2%- 6%) (Oedjoe 2017).

3.10 Μελέτες στην θρεπτική αξία και τη θεραπευτική δράση των ολοθούριων



Την τελευταία δεκαετία έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που εξετάζουν τη θεραπευτική δράση των ολοθούριων. Πρόκειται για ένα οργανισμό πλούσιο σε πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, σαπωνίνες και άλλες βιοδραστικές ουσίες και έτσι παρουσιάζει, σύμφωνα με έρευνες που έχουν προηγηθεί αντικαρκινικές (Thinh et al., 2018; Wargasetia et al, 2020), αντιοξειδωτικές (Qi et al, 2017) και αντιδιαβητικές (Zhu et al., 2018 ; Wang et al, 2020) ιδιότητες.

Οι Thinh et al (2018) έλαβαν τρία κλάσματα θεικών πολυσακχαριτών, SvF1, SvF2 και SvF3, από ολοθούρια του είδους *Stichopus variegatus*. Με φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (Nuclear Magnetic Resonance – NMR) βρήκαν ότι τα κλάσματα SvF1 και SvF2 ήταν φουκοσυλιωμένη θεική χονδροϊτίνη, ενώ το κλάσμα SvF3 ήταν θειϊκή φουκάνη, η οποία ήταν παρασκευασμένη, όπως έδειξαν περαιτέρω αναλύσεις με φασματοσκοπία μάζας, 1,2 και 1,3 συνδεδεμένες φουκόζες. Οι θειϊκές ομάδες ήταν στη θέση 3 των φουκοζών. Μελετήθηκε η **αντικαρκινική** δράση in vitro του λαμβανόμενου κλάσματος SvF3 σε κύτταρα υπεύθυνα για την εμφάνιση του μαστού : κύτταρα T-47D και στα MDA-MB-231 που έχουν υψηλό μεταστατικό δυναμικό. Αποδείχθηκε ότι αυτός ο πολυσακχαρίτης δεν εμφάνισε κυτταροτοξική δράση κατά των ερευνηθέντων κυττάρων σε συγκεντρώσεις ως 800 μg/ml. Υποτετραπλασίασε τον σχηματισμό αποικιών σε δόση 400 μg/ml και είχε μικρή δραστικότητα ενάντια στη μετανάστευση των MDA-MB-231 κυττάρων ως και 25% σε δόση 400 μg/ml .

Οι Wargasetia et al (2020) μελέτησαν την δυνητική **αντικαρκινική** ικανότητα του *Holothuria Scabra*. Αποξηραμένο και κονιοποιημένο δείγμα *H. scabra* εκχυλίστηκε με διαλύτη μεθανόλης, και στη συνέχεια το εκχύλισμα αναλύθηκε χρησιμοποιώντας υγρή χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (LC-MS). Από την ανάλυση, βρέθηκε ότι το εκχύλισμα μεθανόλης του *H. scabra* περιείχε τρεις τύπους πιθανόν αντικαρκινικών ενώσεων, συγκεκριμένα την ολοθουρίνη A, την ολοθουρίνη B και την ολοθουρίνη B3 (ολοθουρίνες: ανήκουν κυρίως σε σαπωνίνες). Εκτιμάται ότι οι ενώσεις της ολοθουρίνης έχουν πρωτεΐνες στόχους, BCL2, HDAC1 και PTPN2 (), οι οποίες παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη διαδικασία απόπτωσης, του κυτταρικού κύκλου και της

καταστολής του καρκινικού όγκου Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι τα ολοθούρια *H. scabra* έχουν το αντικαρκινικό δυναμικό, αν και απαιτούνται διάφορες δοκιμές in vitro και in vivo για να αποδειχθεί ο αντικαρκινικός μηχανισμός (Wargasetia et al, 2020).

Ο **σακχαρώδης διαβήτης** είναι μια σοβαρή χρόνια μεταβολική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα λόγω ελαττωματικής έκκρισης ινσουλίνης ή / και αντίστασης στην ινσουλίνη. Με βάση μια μελέτη που δημοσιεύθηκε από τη Διεθνή Ομοσπονδία Διαβήτη (IDF,2017), ο επιπολασμός του σακχαρώδους διαβήτη θα φτάσει τα 629 εκατομμύρια έως το 2040 και το 90-95% όλων των διαβητικών ασθενών είναι σακχαρώδης διαβήτης τύπου II. Αν και η παθογένεση του σακχαρώδη διαβήτη τύπου II δεν είναι σαφής, αυξανόμενες μελέτες έχουν δείξει ότι ο μηχανισμός μπορεί να σχετίζεται με την αντίσταση στην ινσουλίνη των ιστών, τη δυσλειτουργία των β-κυττάρων, το οξειδωτικό στρες και τη φλεγμονή. Έτσι, η διατήρηση της ομοιόστασης στην ινσουλίνη και η βελτίωση της αντίστασης στην ινσουλίνη αποτελούν πολλά υποσχόμενες στρατηγικές για τη θεραπεία του διαβήτη (Wang et al, 2020).

Επιστημονικές μελέτες με ζωικά μοντέλα σακχαρώδη διαβήτη II έδειξαν, σύμφωνα με μία ανασκόπηση των Wang et al (2020), ότι οι πολυσακχαρίτες των ολοθούριων έχουν αντιδιαβητικά αποτελέσματα μειώνοντας την αντίσταση στην ινσουλίνη (Wang et al.⁶, 2016, Wang et al., 2016⁷), το οξειδωτικό στρες (Qi et al., 2017), τη φλεγμονή (Wang et al., 2016, Wang et al., 2016), τις διαταραχές μεταβολισμού λιπιδίων (Qi et al., 2017)

⁶ Wang Y., Wang J., Zhao Y., Hu S., Shi D., Xue C., (2016), Fucoidan from sea cucumber *Cucumaria frondosa* exhibits anti-hyperglycemic effects in insulin resistant mice via activating the P13K/PKB pathway and GLUT4, *Journal of Bioscience and Bioengineering* 121(1),36-42

⁷ Wang J., Hu S., Jiang W., Song W., Cai L., Wang J., Fucoidan from sea cucumber may improve hepatic inflammatory response and insulin resistance in mice, *International Immunopharmacology*, 31,15-23

και αποτρέπουν την απόπτωση παγκρεατικών νησίδων⁸ (Hu et al., 2014⁹). Επιπλέον, ορισμένες αναφορές έχουν δείξει ότι οι σαπωνίνες που απομονώθηκαν από τα ολοθούρια παρουσίασαν έντονα υπογλυκαιμικά αποτελέσματα μέσω της βελτίωσης της αντίστασης στην ινσουλίνη (Chen et al., 2018¹⁰), του επιπέδου φλεγμονής (Barky et al., 2016¹¹) και της σύνθεσης των λιπιδίων (Meng et al., 2018¹²).

Αν και οι πολυσακχαρίτες και οι σαπωνίνες που απομονώθηκαν από τα ολοθούρια αποδείχθηκε ότι διαθέτουν σημαντική αντιδιαβητική δράση, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που προκαλούν προβληματισμό, όπως είναι η χαμηλή περιεκτικότητα/ανά οργανισμό, το χαμηλό ποσοστό εκχύλισης, τα κατάλοιπα οργανικών αντιδραστηρίων και η σύνθετη διαδικασία εκχύλισης. Επιπλέον, η πρωτεΐνη είναι το κύριο συστατικό των ολοθούριων (61-70%). Οι Wang et al (2020) μελέτησαν αν η ενζυματική υδρόλυση μπορεί να αποτελέσει ένα πιο ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο για την πλήρη χρήση των ολοθούριων, καθώς μπορεί όχι μόνο να απομονώσει πολυσακχαρίτες και

⁸ Παγκρεατικές νησίδες: Κύτταρα διαφόρων κυττάρων που βρίσκονται σε συστάδες σε όλο το πάγκρεας. Ανάμεσα τους είναι τα βήτα κύτταρα που παράγουν την ινσουλίνη

⁹ Hu S., Wang J., Xu H., Wang Y, Li Z., Xue C., Fucosylated chondroitin sulphate from sea cucumber inhibits high-fat-sucrose diet-induced apoptosis in mouse pancreatic islets via down -regulating mitochondrial signaling pathway, *Journal of Functional Foods*, pp. 517-526

¹⁰ Chen C., Han X., Dong P., Li Z., Yanagita T., Xue C., Wang Y., (2018), Sea cucumber saponin liposomes ameliorate obesity-induced inflammation and insulin resistance in high -fat-diet-fed mice, *Food & Function*, 9(2), 861-870

¹¹ Barky A.R.E., Hussein S.A., Almeldeen A.A., Hafez Y.A., Mohamed T.M., (2016), Anti-diabetic activity of *Holothuria thomasi* saponin, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 1472-1487

¹² Meng J., Hu X., Zhang T., Dong P., Li Z., Xue C., Wang Y., Saponin from sea cucumber exhibited more significant effects than ginsenoside on ameliorating high fat diet-induced obesity in C57BL/6 mice, *MedChemComm*, 9(4), 725-734

σαπωνίνες αλλά επίσης να απελευθερώσει πεπτίδια από τις πρωτεΐνες. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι τα πεπτίδια του ολοθούριου μείωσαν σημαντικά τη γλυκόζη των ούρων, την ουρία και τα λιπίδια του ορού (Li et al., 2017¹³). Οι Wang et al (2020) μελέτησαν, λοιπόν, την αντι-διαβητική δραστηριότητα ολοθούριων σε αρουραίους με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II που προκλήθηκε από στρεπτοζοτοκίνη χρησιμοποιώντας υδρολύματα ολοθούριων. Τα υδρολύματα αυτά ανέπτυξαν ισχυρή υπογλυκαιμική και υπολιπιδαιμική δράση στους διαβητικούς αρουραίους. Πιστεύεται επίσης ότι τα υδρολύματα των ολοθούριων ενεργοποίησαν τις κατάλληλες βιοχημικές οδούς (PI3K/KT) ώστε να προωθηθεί η αποθήκευση γλυκογόνου και να βελτιωθεί η ευαισθησία στην ινσουλίνη. Μέσω περαιτέρω ανάλυσης, αναγνωρίστηκαν 242 πεπτιδίων, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αντιδιαβητική επίδραση των υδρολυμάτων σχετίζεται με τα πεπτίδια χαμηλού μοριακού βάρους, τα οποία περιέχουν άφθονα υδρόφοβα αμινοξέα, αλειφατικά αμινοξέα και ορισμένα ειδικά αμινοξέα με ευαισθητοποιητική στην ινσουλίνη δράση, όπως Pro, Phe, Leu / Ile και Ala

¹³ Li Y., Xu J., Su X., (2017), Analysis of urine composition in type II diabetic mice after intervention therapy using holothurian polypeptides, *Frontiers in Chemistry*, 5, 54

Συμπεράσματα

Τα ολοθούρια ταξινομούνται στα εχινόδερμα και είναι θαλάσσιοι οργανισμοί με παγκόσμια εξάπλωση. Βασιζόμενοι στην πλειοψηφία ολοθούριων, πρόκειται για ιζηματοφάγους οργανισμούς που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αναμόχλευση του ιζήματος και την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών του. Κατά συνέπεια, συμβάλλουν στην ανάπτυξη του βακτηριακού φορτίου και στην ενίσχυση της πρωτογενούς παραγωγής, μετατρέποντας έτσι τα οργανικά θρύμματα σε αζωτούχες ενώσεις.

Αρκετά είδη ολοθούριων αλιεύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία για την παραγωγή beche-de-mer, τα οποία θεωρούνται εκλεκτά εδέσματα, όπως για παράδειγμα τα είδη *Apostichopus japonicus*, *Holothuria spinifera*, *H. scabra*, *H. lessoni*, *Isostichopus fuscus*. Τα βασικά στάδια που σχετίζονται με την παραγωγή beche-de-mer είναι η συλλογή, ο εκσπλαχνισμός, το αλάτισμα, το μαγείρεμα, τη ξήρανση και η αποθήκευση, μέχρι να μεταφερθεί και να διατεθεί στην αγορά.

Η ασιατική αγορά αποτελεί τον κύριο καταναλωτή ολοθούριων. Εκτός ότι των αποξηραμένων ολοθούριων, πωλούνται επίσης κατεψυγμένα ή μερικώς επεξεργασμένα ζώα. Επίσης, το εκχύλισμά τους αποτελεί βασικό συστατικό τονωτικών, φαρμάκων και καλλυντικών. Επιπλέον κατέχει την ικανότητα να θεραπεύει πληγές, να μειώνει το πρήξιμο, να αυξάνει την όρεξη, να βελτιώνει την κυκλοφορία του αίματος και να διατηρεί την καλή υγεία του ανθρώπου.

Η εμπορική του αξία είναι συνάρτηση της ζήτησης. Η πολύ υψηλή ζήτηση για beche-de-mer από τις ασιατικές αγορές οδήγησε στην υπερεκμετάλλευση πολλών άγριων πληθυσμών. Η υπεραλίευση, με τη σειρά της, προκάλεσε δραματική μείωση του αριθμού των ολοθούριων και έθεσε σε κίνδυνο την ισορροπία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

Η αυξημένη ζήτηση, η υψηλή εμπορική αξία και η οικολογική συνείδηση έχουν δώσει το κίνητρο για την έναρξη υδατοκαλλιεργειών ολοθούριων είτε σε χερσαίες είτε σε θαλάσσιες εγκαταστάσεις, σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Ανάμεσά τους συμπεριλαμβάνονται η Αυστραλία, τα νησιά Φίτζι, η Ινδία, το Ιράν, η Μαδαγασκάρη, η Καληδονία, τα νησιά του Σολομώντα .

Για την έναρξη της καλλιέργειας επιλέγονται γεννήτορες από το φυσικό περιβάλλον και φιλοξενούνται σε δεξαμενές στις οποίες συνήθως ο πυθμένας καλύπτεται με ίζημα από την περιοχή προέλευσης των ζώων. Κατά την αναπαραγωγική διαδικασία, η διέγερση των ολοθούριων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη επιβολή ενός θερμικού ή μηχανικού σοκ, θερμικής διέγερσης, διέγερσης Gonad ή συνδυασμού των παραπάνω τεχνικών όπως θερμική διέγερση που ακολουθείται από θερμικό σοκ. Η απόκριση του κάθε είδους ολοθούριου σε αυτές τις μορφές τις διέγερσης ποικίλει.

Τα παραγόμενα νεαρά ολοθούρια καλλιεργούνται σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, διαθέσιμου οξυγόνου, pH, αλατότητας και συγκέντρωσης αμμωνιακού αζώτου. Οι νεαροί γόνοι μπορούν να οδηγηθούν είτε στο φυσικό περιβάλλον ώστε να βοηθήσουν στην ανασύσταση του πληθυσμού είτε καλλιεργούνται μέχρι να αποκτήσουν ένα εμπορεύσιμο μέγεθος και να διατεθούν στην αγορά.

Τα ολοθούρια είναι πολύ χαμηλά σε θερμίδες και λίπος και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για μία διατροφή απώλειας βάρους. Επίσης περιέχουν και άλλα πολύτιμα συστατικά, όπως τα αντιοξειδωτικά.

Σύμφωνα με μελέτες, η ενζυματική υδρόλυση αποτελεί έναν από τους αποτελεσματικούς τρόπους χρήσεις των ολοθούριων, καθώς απομονώνει πολυσακχαρίτες και σαπωνίνες, ενώ συγχρόνως απελευθερώνει πεπτίδια από τις πρωτεΐνες. Επιπλέον, τα πεπτίδια του ολοθούριου μειώνουν σημαντικά την γλυκόζη των ούρων, την ουρία και τα λιπίδια του ορού.

Τα υδρολύματα των ολοθούριων αναπτύσσουν ισχυρή υπογλυκαιμική και υπολιπιδαιμική δράση στους διαβητικούς. Βασικό είναι πως προωθούν την αποθήκευση γλυκογόνου ώστε να βελτιωθεί η ευαισθησία στην ινσουλίνη, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα υδρολύματα αυτά σχετίζονται με τα πεπτίδια χαμηλού μοριακού βάρους, τα οποία περιέχουν υδρόφοβα, αλειφατικά και ορισμένα με ευαισθητοποιητική στην ινσουλίνη δράση αμινοξέα.

Βιβλιογραφία

- **AOAC**, (1995), Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- **Bilgin S. & Tanrikulu H.O.**, (2018), The changes in chemical composition of *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) with ambient-drying and oven-drying methods, *Food Science & Nutrition*, 6(6), 1456-1461: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6145304/>
- **Dabbagh A.R. & Sedaghat M.R.**, (2012), Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Iran, *SPC Beche-de-mer Information Bulletin #32*, 49-52 : https://pdfs.semanticscholar.org/a0b6/a6ec53a974f1880b52d11e170ae85008d59a.pdf?_ga=2.181844775.1038585561.1598936619-1435385504.1598936619
- **Dominguez-Godinao J.A., Slater M.J., Hannon C & Conzalez-Wanguermert M.**, (2015), A new species for sea cucumber ranching and aquaculture : Breeding and rearing of *Holothuria arguinensis*, *Aquaculture*, 438,122-128 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848615000071?via%3Dihub>
- **James D.B.**, (2004), Captive breeding of the sea cucumber *Holothuria scabra*, from India, Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), *AGRIS, Aquaculture advances, Session III*, 385-395: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV2012049917>
- **Kinch J., Purcell S., Uthicke S. & Friedman K.**, (2008), Papua New Guinea: a hotspot of sea cucumber fisheries in the Western Central Pacific, In V.Toral-Granda, Lovatelli A., & Vasconcellos M. (eds). *Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade*, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No 516, Rome, FAO, pp 57-77 : <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/011/i0375e/i0375e02.pdf>
- **Khotimchenko Y.S.**, (2015), The nutritional value of holothurians, *Russian Journal of Marine Biology*, 41(6), 409-423: https://www.researchgate.net/publication/289238915_The_nutritional_value_of_holothurians
- **Lee S., Govan H., Bertram I. & Kinch J.**, (2020), A comparison of sea cucumber fishery management plans, and implications for governance in Pacific Island countries, *SPC Fisheries Newsletter*, #161, 34-39 : https://www.researchgate.net/publication/342467400_A_comparison_of_sea_cucumber_fishery_management_plans_and_implications_for_governance_in_Pacific_Island_countries
- **nd**, (2019), Κίνδυνος στον κόλπο της Νάουσας|Χάνονται ... τα ολοθούρια, άρθρο στη Φωνή της Πάρου, φύλλο 504, σελ. 7-9: (02/09/2020) <http://www.fonitisparou.gr/entyp/imagess/pdf/Foni%20504.pdf>
- **Oedjoe M.D.R.**, (2017) Composition of Nutritional Content of Sea Cucumbers (*Holothuroidea*) in Mania waters, Sasu Rijua Regency, East Nussa Tenggara, 8:7: <https://www.longdom.org/open-access/composition-of-nutritional-content-of-sea-cucumbers-holothuroidea-in-mania-waters-sabu-raijua-regency-east-nusa-tenggara-2155-9546-1000502.pdf>
- **Pakoa K. & Bertram I.**, (2013), Management state of Pacific sea cucumber fisheries, *SPC Beche-de-mer Information Bulletin #33*, 49-51 : <https://pacific-data.sprep.org/system/files/6d3e9cb50e8581c705545cae33be3ea3.pdf>
- **Προεδρικό Διάταγμα αριθμ. 48/2018**, ΦΕΚ 90/Α/22-5-2018, Ρυθμιστικά μέτρα για την αλιεία ειδών ολοθούριων του γένους *Holothuria* spp.: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-naytilia-nausploia/kat-alieia/proedriko-diatagma-48-2018-phek-90a-22-5-2018.html?q=Holothuria>

- **Purcell S.W., Lovatelli A., Vasconcellos M. & Ye Y.,** (2010), Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach, FAO, Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No 520, Rome, FAO, 157p. : <http://www.fao.org/3/I1384E/i1384e.pdf>
- **Purcell S.W.,** (2014), Processing sea cucumbers into beche-de-mer: A manual for Pacific Island fishers, Southern Cross University, Lismore and the Secretariat of the Pacific Community, Noumea: https://www.researchgate.net/publication/263013835_Processing_sea_cucumbers_into_beche-de-mer_A_manual_for_Pacific_Island_fishers
- **Purcell S.W., Choo P.S., Akamine J., Fabinyi M.,** (2014), Alternative products forms, consumer packaging and extracted derivatives of tropical sea cucumbers, SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 34, 47-51 : https://spccfpstore1.blob.core.windows.net/digital-library-docs/files/b3/b32c1925e71b62a956c1eb90a4edfdfa.pdf?sv=2015-12-11&sr=b&sig=kz3HQ092BU3jk4i3IG%2Bz5rFO03Lts9YYrPLyUvNEo8%3D&se=2021-02-27T17%3A24%3A33Z&sp=r&rsc=public%2C%20max-age%3D864000%2C%20max-stale%3D864000&rsct=application%2Fpdf&rscd=inline%3B%20filename%3D%22BDM34_47_Purcell.pdf%22
- **Rakaj A., Fianchini A., Boncagni P, Lovatelli A., Scardi M., Cataudella S.,** (2017), Spawning and rearing of *Holothuria tubulosa*: An new candidate for aquaculture in the Mediterranean region, Aquaculture Research, 49(1), 557-568 :<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/are.13487>
- **Republic of the Marshall Islands,** (2012), Sea Cucumber Regulations of 2012, Marshall Islands Marine Resources Authority : <http://www.rmimimra.com/media/attachments/2019/09/08/sea-cucumber-regulations-of-2012-1.pdf>
- **Robinson, G. & Lovatelli A.,** (2015), Global sea cucumber fisheries and aquaculture FAO's inputs over the past few years. FAO Aquaculture Newsletter, 53, 55–57: <https://www.researchgate.net/publication/276328588>
- **Thinh P.D., Minh B., Usoltseva R.V., Shevchenko N.M., Rasin A.B., Anstyuk S.D., Mal-yarenko O.S., Zvyagintseva T.N., San P.T., Ermakova S.P.,** (2018), A novel sulfated fucan from Vietnamese sea cucumber *Stichopus Variegatus*: Isolation structure and anticancer activity in vitro, International Journal of Biological Macromolecules, 117, 1101-1109: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018312157>
- **Wang T., Zheng I., Zhao T., Zhang Q., Liu Z., Liu X., Zhao M.,** (2020), Anti-diabetic effects of sea cucumber (*Holothuria nobilis*) hydrolysates in streptozotocin and high-fat-diet induced diabetic rats via activating the PI3K/Akt pathway, Journal of Functional Foods, 75 :104224 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464620304485>
- **Wargasetia T.L., Ratnawati H. & Widodo N.,** (2020), Anticancer Potential of Holothurin A., Holothurin B. and Holothurin B3 from the Sea Cucumber *Holothuria scabra*, AIP Conference Proceedings, 2231 (1), 040084: https://www.researchgate.net/publication/340854793_Anticancer_potential_of_holothurin_A_holothurin_B_and_holothurin_B3_from_the_sea_cucumber_Holothuria_scabra

- <https://core.ac.uk/download/pdf/162585622.pdf>
- <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/1459/P0001459.pdf?sequence=1>
- <https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/AquacultureLow.pdf>
- https://animalbiodiversitybiol263.weebly.com/uploads/2/2/1/5/22154302/class_2013_lab_-_echinoderms_-_fish.pdf
- <http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/45118/10515.pdf?sequence=1>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας πραγματοποιείται με τη συλλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, βάρους 5g και ακολούθως με ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C (AOAC 1995). Στη συνέχεια, τα δείγματα βγαίνουν από το φούρνο και τοποθετούνται σε θερμοκρασία δωματίου για 5min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίζεται ως εξής:

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

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

$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}}) \text{ Υγρασία \%} = (W_{\text{υγρασία}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

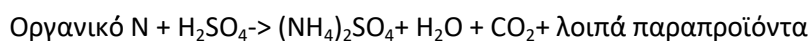
Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

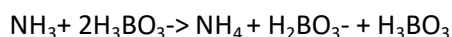
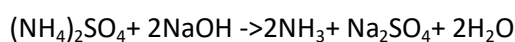
Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών πραγματοποιείται με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995).

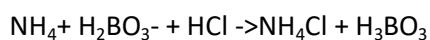
Σε ζυγό ακρίβειας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίζονται δείγματα βάρους 0.2 g και μεταφέρονται σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστίθενται 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeldabs (5g Potassium Sulphate K_2SO_4 και 5g copper (II) Sulphate $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Στη συνέχεια, προστίθενται στα δείγματα 15 ml πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) και τοποθετούνται στη συσκευή πέψης. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους $150^\circ C$ για 85 min. Με τη συσκευή πέψης επιτυγχάνεται ο βρασμός των δειγμάτων και με τη βοήθεια του πυκνού θειικού οξέως πραγματοποιείται η διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θειικού αμμωνιακού (άλατος), με την εξής αντίδραση:



Αφού ολοκληρώνεται η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15 min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία γίνεται προσθήκη 100 ml απεσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία διαρκεί 6 min. Το θειικό αμμώνιο, που παράγεται κατά τη διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύει αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Na_2SO_4). Η αμμωνία (NH_4) έπειτα αντιδρά με το βορικό οξύ (H_3BO_4) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνεται σε κωνική φιάλη που περιέχει 4 σταγόνες ερυθρού του μεθυλενίου (δείκτη pH). Στο τελικό στάδιο της διαδικασία γίνεται η τιτλοδότηση του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχούς κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε σκούρο ροζ, καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$N \% = [(m_{HCl} - m_{\text{τυφλού}}) \times 0,8754] / W_{\text{δειγ/τος Όπου:}}$$

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών γίνεται με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995). Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστίθενται 3 πέτρες βρασμού και καταγράφεται το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια εφαρμόζονται στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίζεται ποσότητα δείγματος βάρους 2 g και μεταφέρεται στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού και της τροφής πρέπει να είναι ξηραμένα και αλεσμένα. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης γίνεται προσθήκη 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα, στον οποίο εμβαπτίζονται τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους χάρτινους ηθμούς μεταφέρονται σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμαίνονται στους 150°C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου λαμβάνει χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα ο οργανικός διαλύτης απορροφάται και εκλύεται στο δείγμα για 1.5 h, όπου λαμβάνει χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφάται ο διαλύτης για 15 min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαϊκού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρονται στο φούρνο για 15 min στους 105°C. Στη συνέχεια τοποθετούνται σε αφυγραντήρα για τουλάχιστον 1h και παίρνονται οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικά λιπίδια \%} = (W_{\text{τελικό δοχείο εκχύλισης}} - W_{\text{αρχικό δοχείο εκχύλισης}}) \times 100$$

Όπου: W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία ζυγίζονται δείγματα τροφίμου βάρους 1.5 g σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια, τοποθετούνται τα δείγματα σε αποτεφρωτήρα στους 600°C για 3h (ΑΟΑC 1990). Μετά το πέρας 24h τα δείγματα παραμένουν για 1h εκτός αποτεφρωτήρα ώστε να κρυώσουν. Στη συνέχεια παίρνονται μετρήσεις βάρους των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

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

Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g