



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ
ΜΕ ΤΑ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

Δημιουργία ψηφιακής βάσης δεδομένων για στελέχη
φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες

Αικατερίνη Πλαγιώτη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Τζοβενής Ιωάννης Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ιχθυοκομίας και Αλιείας, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου**
- 2. Πάσχος Ιωάννης, Καθηγητής, Τμήμα Ιχθυοκομίας και Αλιείας, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου**
- 3. Πανταζής Παναγιώτης, Λέκτορας, Τμήμα Κτηνιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2011



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

**THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF
SCIENCE OF THE FACULTY OF VETERINARY MEDICINE IN
COOPERATION WITH THE T.E.I OF EPIRUS**

Creation of a digital database with strains of marine
phytoplankton used in aquaculture

Aikaterini Plagioti

ADVISOR COMMITTEE

- 1. Tzovenis Ioannis, Assistant Professor, Department of Fisheries & Aquaculture, Technological & Educational Institution of Epirus.**
- 2. Paschos Ioannis, Professor, Department of Fisheries & Aquaculture, Technological & Educational Institution of Epirus.**
- 3. Pantazis Panagiotis, Lecturer, School of Veterinary Medicine, University of Thessaly**

KARDITSA 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η παγκόσμια παραγωγή προϊόντων υδατοκαλλιέργειας αυξάνεται ραγδαία, παρουσιάζοντας σαφείς τάσεις προς την κατεύθυνση της εντατικοποίησης και του μεγαλύτερου έλεγχου επί του συνόλου των θρεπτικών εισροών. Η σύγχρονη παραγωγή φυτοπλαγκτού (μικροφυκών) πραγματοποιείται σε δύο κύριες ροές, στην εντατική μονοκαλλιέργεια για προνυμφικά στάδια των δίθυρων μαλακίων, γαρίδες, και ορισμένα είδη ψαριών, καθώς και στην εκτεταμένη για ανάπτυξη των δίθυρων μαλακίων, κυπρίνων και γαρίδων.

Μέχρι σήμερα, η πλειοψηφία των στελεχών του φυτοπλαγκτού χρησιμοποιούνται άμεσα ή / και έμμεσα με την καλλιέργεια των προνυμφών οργανισμού μέσω *Artemia*, τροχόζωων, και «πράσινων νερών», τα οποία, με τη σειρά τους, ταΐζονται στους οργανισμούς προνυμφών στόχο. Η προσέγγιση αυτή προσφέρει ευεργετικά αποτελέσματα για τη διατροφή, τη συμπεριφορά, την πεπτική λειτουργία, τη θρεπτική αξία, την ποιότητα των υδάτων και της μικροχλωρίδας.

Ωστόσο, στην παρούσα εργασία λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων πληροφοριών και την ελλειπή διάχυση της γνώσης σχετικά με τα είδη των μικροφυκών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια, αναπτύχθηκε μία ψηφιακή βάση δεδομένων σε περιβάλλον MS Excel. Η ψηφιακή βάση δεδομένων θα χρησιμεύσει ως σημείο αποθήκευσης πληροφοριών/πόρων τόσο για τις τρέχουσες ερευνητικές προσπάθειες για την καλλιέργεια μικροφυκών όσο και για την ταξινομική αναγνώρισή τους με σκοπό παρέχει υλικό διαθέσιμο σε μια ευρύτερη κοινότητα.

ABSTRACT

Worldwide aquaculture production is increasingly growing, with trends toward intensification and greater control over total nutritional input. Phytoplankton (Microalgae) production for feeds is divided into intensive monoculture for larval stages of bivalves, shrimp, and certain fish species, and extensive culture for growout of bivalves, carp, and shrimp.

To date, a majority of phytoplankton strains are fed directly and/or indirectly to the cultured larval organism through *Artemia*, rotifers, and “green waters”, which are, in turn, fed to the target larval organisms. This approach has beneficial effects on feeding behaviour, digestive function, nutritional value, water quality and microflora. However, due to limited dissemination of knowledge about the microalgae species used currently in Mediterranean aquaculture, a digital database in MS excel environment was, therefore developed in the present thesis. This digital database will serve as a repository of both ongoing microalgae culture efforts and their taxonomic identification, also available for a broader community.

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέπων της διπλωματικής εργασίας μου, Καθ. κ. Ιωάννη Τζοβενή, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της μεταπτυχιακής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Ιωάννη Πάσχο και Παναγιώτη Πανταζή για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Επίσης, ευχαριστώ τον κύριο Τζοβενή για την κατανόησή του, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Ιωάννη και Παναγιώτα και στην αδερφή μου Ελένη για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην οικογένειά μου.

Αικατερίνη Πλαγιώτη

Περιεχόμενα	Σελ.
1. Εισαγωγή.....	10
1.1. Κίνητρο και Υπόβαθρο	10
1.2. Σκοπός Εργασίας	12
1.2. Διάρθρωση και Περιεχόμενο Εργασίας	13
2. ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	14
2.1. Εισαγωγή.....	14
2.2. Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα.	15
2.3. Υδατοκαλλιέργειες στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	16
3. ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	19
3.1. Εισαγωγή.....	19
3.3. Φυτοπλαγκτόν	20
3.3.1. Ορισμός	20
3.3.2. Είδη-Ταξινόμηση	21
3.3.3. Χρήσεις.....	23
3.4. Ταξινόμηση στελεχών φυτοπλαγκτού	25
3.5. Σχέση φυτοπλαγκτού - ζοοπλαγκτού	31
4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΗΣ ΣΤΙΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.	35
4.1. Εισαγωγή	35
4.2. Παραγωγή φυτοπλαγκτού - μικροφύκη.....	35
4.2.1. Χαρακτηριστικά μαζικής παραγωγής	37
4.2.2. Εγκαταστάσεις μαζικής καλλιέργειας.....	40
4.3. Διατροφική αξία – Καταλληλότητα λιπαρών οξέων, αμινοξέων και βιταμινών.....	57
4.3.1. Λιπίδια και λιπαρά οξέα.....	61
4.2.2. Βιταμίνες και αμινοξέα.....	63
5. Μεθοδολογική προσέγγιση.....	66
5.1. Εισαγωγή	66
5.2. Μεθοδολογία βάσης δεδομένων	66
5.3. Παρουσίαση βάσης δεδομένων - Αποτελέσματα	68
5.4. Αξιοποίηση βάσης δεδομένων	75

6.Θέματα προς περαιτέρω διερεύνηση.....	77
Βιβλιογραφία.....	78
Ελληνόγλωσση.....	78
Ξενόγλωσση.....	89
Πηγές διαδικτύου.....	83

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών για το σύνολο των χωρών της Ε.Ε. μέχρι το έτος 2008 (Πηγή: Eurostat, 2008).....	18
Πίνακας 3-1: Κυριότερες κατηγορίες μικροφυκών που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες (Πηγή: Stanier and van Niel, 1962).....	27
Πίνακας 4-1: Χημική σύσταση μέσωσ εμπλουτισμού <i>Chaetoceros</i> sp και Guillard f/2 (Πηγή: Zmora and Richmond, 2007).....	47
Πίνακας 4-2: Συνήθειες συνθήκες καλλιέργειας μικροφυκών στις υδατοκαλλιέργειες...	52
Πίνακας 4-3: Κυριότερα βιοχημικά χαρακτηριστικά 16 ειδών μικροφυκών (FAO, 2007).....	59
Πίνακας 4-4: Συγκριτικά χαρακτηριστικά συστάσεων αμινοξέων διαφόρων μικροφυκών με τις προνύμφες στρειδιών <i>C.gigas</i>	65
Πίνακας 5-1: Κυριότερα είδη στελεχών φυτοπλαγκτού που καταγράφηκαν την τελευταία δεκαετία στις Μεσογειακές Υδατοκαλλιέργειες.....	68
Πίνακας 5-2: Αναλυτική παρουσίαση βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε για την βάση δεδομένων.....	71

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1: Κύρια είδη που παράγονται στην ΕΕ-27 για το έτος 2006 (τόνοι ζωντανού . βάρους) (Πηγή: Eurostat, 2006).....	17
Σχήμα 3-1: Ταξινόμηση πλαγκτικών ομάδων ανά τάξη μεγέθους.....	22
Σχήμα 4-1: α) Μαζική καλλιέργεια μικροφυκών β) β) Τυπικά μικροφύκη που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες (α) <i>Tetraselmis</i> spp. (β) <i>Dunaliella</i> spp. (c) <i>Chaetoceros</i> spp.....	36
Σχήμα 4-2: Παλαιού τύπου μονάδα παραγωγής φυκών σε μεγάλη κλίμακα με χρήση τεχνητού φωτισμού... 40	
Σχήμα 4-3: Σχηματική αναπαράσταση καλλιέργειας κατά ομάδες ...	41
Σχήμα 4-4: Μηχανικό φίλτρο άμμου.....	43
Σχήμα 4-5: Συμπαγής μονάδα επεξεργασίας νερού για ζωοπλαγκτόν.....	44
Σχήμα 4-6: Καθαρά στελέχη αποθηκευμένα κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες... ..	50
Σχήμα 4-7: <i>Brachionus rotundiformis</i> και <i>Brachionus plicatilis</i>	57
Σχήμα 5-1: Κεντρική οθόνη βάσης δεδομένων στελεχών φυτοπλαγκτού.....	70
Σχήμα 5-2: Απεικόνιση τρίτου πίνακα (ονομασία-Διατροφική αξία) της βάσης δεδομένων	72
Σχήμα 5-3: Απεικόνιση πέμπτου πίνακα (ονομασία-Διατροφική αξία (2)) της βάσης δεδομένων.....	73
Σχήμα 5-4: α) Απεικόνιση κεντρικής οθόνης τυπικής βάσης δεδομένων σε MS ACCESS β) Εισαγωγή δεδομένων από MS-EXCEL υπό μορφή πινάκων.....	77

Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Αφειρητία των αναζητήσεων της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η διαρκής αναζήτηση πρωτογενούς και δευτερογενούς τροφής (μικροφύκη, τροχόζωα κ.α) ως αποτέλεσμα της συνεχούς ανάγκης κάλυψης των βιομηχανικών απαιτήσεων των σύγχρονων μορφών εντατικής υδατοκαλλιέργειας. Στην πραγματικότητα οι βιομηχανικές τροφές δεν μπορούν να καλύψουν τις διατροφικές ανάγκες των περισσότερων ειδών ψαριών, ιδιαίτερα των θαλάσσιων, είτε διότι οι ανάγκες αυτές δεν είναι καλά γνωστές (συνεπώς τα τεχνητά σιτηρέσια είναι ελλιπή σε κάποια θρεπτικά στοιχεία) είτε διότι είναι τεχνολογικά δύσκολο έως αδύνατο να ενσωματωθούν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά σε τόσο μικρούς κόκκους. Αντίθετα, οι ζωντανοί τροφικοί οργανισμοί (πλαγκτόν) ικανοποιούν πλήρως τις διατροφικές ανάγκες των ιχθυονυμφών και μπορούν να εμπλουτισθούν περαιτέρω με διάφορα θρεπτικά συστατικά που κρίνονται απαραίτητα για την σωστή ανάπτυξη των ψαριών (Brown 1991).

Μέχρι σήμερα, η ακαδημαϊκή, εργαστηριακή και ευρύτερη γνώση για τα είδη, τις ταξινομικές, οικολογικές και λειτουργικές ομάδες καθώς και τις πληθυσμιακές πυκνότητες των μικροοργανισμών του φυτοπλαγκτού/μικροφύκη έχει εξελιχθεί

βαθμιαία ως αποτέλεσμα της βελτίωσης των τεχνικών καλλιέργειας, δειγματοληψίας και καταμέτρησης των οργανισμών αυτών. Παρά τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι καλλιέργειες στο υδατικό περιβάλλον, η παραγωγή δευτερογενούς τροφής (τροχοζώων, κωπήποδων κ.α) στα εκκολαπτήρια των καταναλωτών αυξάνεται συνεχώς, αντιπροσωπεύοντας ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής παραγωγής δευτερογενούς τροφής σε διάφορες περιοχές του πλανήτη (π.χ. το 80% στη δυτική ακτή των ΗΠΑ (Benemann, 1992), το 10-20% στη Γαλλία (Robert and Gérard, 1999). Η επιτυχία και η βιωσιμότητα αυτών των μονάδων εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη μαζική παραγωγή μικροφυκών, τα οποία χρησιμοποιούνται ως η αποκλειστική τροφή των γεννητόρων, των νυμφών ακόμα και των νεαρών ατόμων των οστρακοειδών (Ponis et al., 2003).

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η χρήση και η εμπορική αξία των φυτοπλαγκτικών οργανισμών μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας διαφόρων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και νέων σύγχρονων εφαρμογών. Οι κυριότερες από αυτές περιλαμβάνουν την παραγωγή βίο-ντίζελ, την φαρμακοβιομηχανία – καλλυντικά, την διαχείριση – επεξεργασία λυμάτων και την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από ρυπογόνες βιομηχανίες (Mata et al., 2010). Ωστόσο, η κύρια χρήση επιλεγμένων στελεχών μικροφυκών και ειδικότερα των θαλάσσια ειδών μέχρι σήμερα, αποτελεί η ανάπτυξη των υδατοκαλλιέργειών καθώς αποτελούν τροφή εξαιρετικής θρεπτικής αξίας για παροχή τροφής για τη συντήρηση των στελεχών (strains) των τροχοζώων και κωπήποδων. Τα *Chaetoceros sp.*, *Isochrysis sp.*, *Skeletonema sp.* και *Tetraselmis sp.* είναι ορισμένα από τα είδη μικροφυκών που χρησιμοποιούνται συχνά στην εκτροφή θαλάσσιων οργανισμών (Campa-Córdova et al., 2006). Παρόλα αυτά, η γνώση και η καταγραφή των περισσότερων στελεχών μικροφυκών που έχουν μελετηθεί για την

ποιότητά τους ως τροφή των rotifers, *Artemia* και “green waters” παραμένει περιορισμένη μέχρι σήμερα (Conceição et.al., 2010).

1.2 Σκοπός Εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία ενός ψηφιακού εργαλείου στο οποίο θα είναι κωδικοποιημένες οι πληροφορίες για τα στελέχη του φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιούνται στις Μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες ώστε να μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να έχει εύκολη και άμεση πρόσβαση σε αυτές και να επιλέγει με αποτελεσματικότητα τα στελέχη που του χρειάζονται ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία ενδιαφέρεται να τα εντάξει. Η πρωτοτυπία αυτής της εργασίας είναι ότι ενώ υπάρχουν πολλά άρθρα τα οποία αναφέρονται στα διάφορα στελέχη του φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες, είναι η πρώτη φορά που θα δημιουργηθεί μια ψηφιακή βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να ενταχθεί και σε ιστοσελίδα, όπου ο καθένας, βάζοντας λέξεις-κλειδιά, θα αντλεί τις απαραίτητες πληροφορίες για το στέλεχος που τον ενδιαφέρει.

Βαρύνουσα σημασία δίδεται σε άρθρα που έχουν γραφτεί για την ανάπτυξη διαφόρων υδατοκαλλιεργούμενων ειδών, σε εργασίες που αναλύουν το κάθε στέλεχος ως προς την διατροφική του αξία, το ενεργειακό περιεχόμενο, τα λιπίδια κλπ., άλλα και ως προς την ικανότητά του για μαζική παραγωγή και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, θα συλλεχθούν οι αντίστοιχες πληροφορίες και θα κωδικοποιηθούν σε έναν εύχρηστο οδηγό για την αποτελεσματική επιλογή των στελεχών από κάθε ενδιαφερόμενο.

1.3 Διάρθρωση και Περιεχόμενο Εργασίας

Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε δύο βασικές ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαια (2 -4) και (5-7), αντίστοιχα. Συγκεκριμένα:

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται συνοπτική αναφορά στην υφιστάμενη κατάσταση του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά στα στελέχη του φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες, ταξινόμηση των κυριότερων ειδών και συσχέτιση του με το ζωοπλαγκτόν στο υδατικό περιβάλλον.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται τα χαρακτηριστικά των κυριότερων μεθόδων μαζικής παραγωγής στελεχών φυτοπλαγκτού, τροχοζώων και κοπήποδων κατά την καλλιέργεια τους στις υδατοκαλλιέργειες .

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας καθώς και οι διαδικασίες αξιολόγησης και χαρακτηρισμού των καλλιεργειών στελεχών φυτοπλαγκτού που καταγράφηκαν στις Μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες. .

Τέλος, σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων της μεταπτυχιακής διατριβής και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα παρουσιάζονται αντιστοίχως στα Κεφάλαια 6 και 7.

Κεφάλαιο 2 ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

2.1 Εισαγωγή

Οι υδατοκαλλιέργειες ορίζονται ως το σύνολο των δραστηριοτήτων που αποβλέπουν στην παραγωγή υδρόβιων ζωικών και φυτικών οργανισμών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ, η υδατοκαλλιέργεια ορίζεται ως η εκτροφή υδρόβιων οργανισμών (ψάρια, μαλάκια, καρκινοειδή και φύκη) με ανθρώπινη παρέμβαση στην διαδικασία παραγωγής προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγικότητα (FAO/FIDI, 1997). Ως εκ τούτου οι υδατοκαλλιέργειες έχουν τους ίδιους στόχους με τη γεωργία και, κατά συνέπεια, διέπονται από τις ίδιες βασικές αρχές. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι διεξάγονται σε ένα τελείως διαφορετικό περιβάλλον, δεδομένο που επηρεάζει τόσο την τεχνολογία όσο και την παραγωγική διαδικασία..

Οι υδατοκαλλιέργειες έχουν πολύ μακρά ιστορία. Αρχαιολογικά ευρήματα του 475 μ.Χ. περιγράφουν με σαφήνεια απλές τεχνικές εκτροφής του κυπρίνου που εφαρμόζονταν στην Κίνα και την Ινδονησία το 2000 π.Χ. από τις οποίες προέκυψαν όλες οι παραδοσιακές εκτροφές ψαριών γλυκού και θαλασσινού νερού που πραγματοποιούνται σήμερα σε διάφορα μέρη του κόσμου σε ειδικές υδατοσυλλογές που είναι γνωστές σαν διβάρια (Ελλάδα), tambaks (Ασία), valli (Ιταλία) ή reservoirs a

poissons (Γαλλία) (Κεντούρη, 1998α). Σήμερα, η υδατοκαλλιέργεια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην προσφορά ψαριών σε παγκόσμιο επίπεδο, χάρη στην ανάπτυξη των τεχνολογιών εκτροφής και μεταποίησης. Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, 47 % του συνόλου των ψαριών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο προέρχονται από την σύγχρονες μορφές υδατοκαλλιέργειας.

2.2 Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα είναι ένας από τους ταχύτατα αναπτυσσόμενους τομείς που συμβάλλει σημαντικά στο ΑΕΠ και στην τοπική ανάπτυξη. Αν και οι υδατοκαλλιέργειες εμφανίστηκαν σχετικά αργά στην Ελλάδα (μετά το 1956), ωστόσο σημείωσαν αξιόλογη και θεαματική πρόοδο τα τελευταία 20 χρόνια, ξεπερνώντας σε ετήσια παραγωγή τους 120.000 τόνους για το έτος 2006 (Περδικάρης κ.α., 2006). Οι ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες, η γεωμορφολογία, η ποικιλία των "πηγών υδροδότησης" (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα κ.λ.π.), η οικονομική ενίσχυση από διάφορους φορείς και η γρήγορη και επιτυχημένη σε πολλές περιπτώσεις εισαγωγή τεχνολογίας και τεχνογνωσίας, συνέβαλαν στην ανάπτυξη των Ελληνικών υδατοκαλλιεργειών.

Τα προϊόντα των υδατοκαλλιεργειών αποτελούν το τρίτο σπουδαιότερο εξαγωγίμο αγροτικό προϊόν της Ελλάδας. Η σημερινή Ελληνική πραγματικότητα των υδατοκαλλιεργειών αφορά σχεδόν αποκλειστικά την παραγωγή της τσιπούρας-gilthead seabream (*Sparus aurata*), του λαβρακιού seabass (*Dicentrarchus labrax*) και μερικών άλλων ειδών ιχθύων γλυκέων υδάτων όπως πέστροφα, χέλι και κυπρίνος.

Επιπροσθέτως, υπάρχουν και οστρακοκαλλιέργειες - κυρίως μυδιών - αλλά με σχετικά μικρή οικονομική σημασία. Ειδικότερα, στα περίπου 16.000 χιλιόμετρα των ελληνικών ακτών, βρίσκονται εγκατεστημένες περίπου 167 μονάδες υδατοκαλλιεργειών και 25 σταθμοί παραγωγής γόνου, ενώ συνολικά απασχολούνται άμεσα 10.000 άτομα (Κεντούρη, 1998α). Οι παραγωγικές μονάδες είναι διάσπαρτες στην Ελληνική ακτογραμμή και οι πιο πολλές είναι εγκατεστημένες κοντά στις κεντρικές της περιοχές. Στα μεσογειακά είδη, και συγκεκριμένα στην τσιπούρα και στο λαβράκι, η ελληνική παραγωγή ανέρχεται στους 103.000 τόνους αναδεικνύοντας τη χώρα μας στην πρώτη θέση στη Μεσόγειο, με παραγωγή που ξεπερνά το 57% της παγκόσμιας παραγωγής (FAO, 2007).

2.3 Υδατοκαλλιέργειες στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η υδατοκαλλιέργεια είναι μια σημαντική επιχειρηματική δραστηριότητα στην ΕΕ. Συμμετέχει με 17 % από απόψεως όγκου και 27 % από απόψεως αξίας στη συνολική αλιευτική παραγωγή της Ε.Ε ενώ επίσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην προσφορά ψαριών σε παγκόσμιο επίπεδο, χάρη στην ανάπτυξη των τεχνολογιών εκτροφής και μεταποίησης (Eurostat, 2008). Σύμφωνα με εκτιμήσεις του FAO, το 47 % του συνόλου των ψαριών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο προέρχονται από την υδατοκαλλιέργεια.

Η τρέχουσα παραγωγή ανέρχεται σε περίπου 1,307 εκατ. τόνους για το 2007 αξίας 2,9 δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως (Eurostat, 2008). Σε αυτήν οφείλεται πάνω από το 18 % της παραγωγής ψαριών στην ΕΕ, αλλά αντιπροσωπεύει μόνο το 2 % της

παγκόσμιας παραγωγής υδατοκαλλιέργειας. Παρόλα αυτά, η ΕΕ των 27 είναι πρωτοπόρος στον κόσμο για ορισμένα είδη όπως είναι η πέστροφα, το λαβράκι, η τσιπούρα, το καλκάνι και τα μύδια (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1. Κύρια είδη που παράγονται στην ΕΕ-27 για το έτος 2006 (τόνοι ζωντανού βάρους) (Πηγή: Eurostat, 2006)

Ο τομέας απασχολεί άμεσα κατά προσέγγιση 65.000 άτομα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη παραγωγής όλων των προϊόντων των υδατοκαλλιεργειών (ανά 1000 τόνους ζώντος βάρους) για το σύνολο των χωρών της Ε.Ε. μέχρι το έτος 2008.

Πίνακας 2-1: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειών για το σύνολο των χωρών της Ε.Ε. μέχρι το έτος 2008 (Πηγή: Eurostat)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ΕΕ-27	1,376	1,429	1,399	1,386	1,272	1,343	1,311	1,261	1,283	1,307	:
Βέλγιο	1	2	2	2	2	1	1	0	0	0	:
Βουλγαρία	4	8	4	3	2	4	2	3	3	4	:
Τσεχία	17	19	19	20	19	20	19	20	20	20	20
Δανία	42	43	44	42	32	38	43	39	28	31	:
Γερμανία	73	80	66	53	50	74	57	45	38	45	44
Εσθονία	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	:
Ιρλανδία	42	44	51	61	63	63	58	60	53	53	:
Ελλάδα	60	84	95	98	88	101	97	106	113	113	115
Ισπανία	314	318	309	309	255	268	293	219	295	285	:
Γαλλία	268	265	267	252	252	240	243	245	238	237	:
Ιταλία	209	210	217	218	184	192	118	181	174	181	:
Κύπρος	1	1	2	2	2	2	2	2	4	3	:
Λετονία	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	:
Λιθουανία	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	:
Ουγγαρία	10	12	13	13	12	12	13	14	15	16	:
Μάλτα	2	2	2	1	1	1	1	1	7	9	:
Ολλανδία	120	109	75	57	54	67	79	71	42	53	:
Αυστρία	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2
Πολωνία	30	34	36	35	33	35	35	38	36	35	37
Πορτογαλία	8	6	8	8	8	8	7	7	8	7	6
Ρουμανία	10	9	10	11	9	9	8	7	9	10	:
Σλοβενία	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Σλοβακία	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	:
Φινλανδία	16	15	15	16	15	13	13	14	13	13	:
Σουηδία	5	6	5	7	6	6	6	6	8	5	:
Η.Β	137	155	152	171	179	182	207	173	172	174	:
Ισλανδία	4	4	4	4	4	6	9	8	9	5	:
Νορβηγία	411	476	491	511	551	584	637	662	709	830	:
Ελβετία	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	:
Κροατία	6	6	7	10	9	8	10	11	14	13	:
Τουρκία	57	63	79	67	61	80	94	120	129	140	:

Κεφάλαιο 3 ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

3.1 Εισαγωγή

Οι φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μορφών και αναπαραγωγικών μηχανισμών. Η κατάταξη τους βασίζεται στη χημική σύσταση των ουσιών που αποταμιεύουν, στο κυτταρικό τοίχωμα, καθώς και στις χρωστικές που χαρακτηρίζουν το κάθε είδος. Τονίζεται ότι πολλά μικροφύκη, καθώς και ορισμένα είδη των πρωτίστων (μικροσκοπικοί μαστιγοφόροι οργανισμοί, που χαρακτηρίζονται από την παρουσία ή μη χλωροπλαστών, καθώς και από την παρουσία πυρήνων και μιτοχονδρίων), αποτελούν τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς, δηλαδή τον πρώτο κρίκο της διατροφικής αλυσίδας του υδρόβιου περιβάλλοντος, δημιουργώντας με τη φωτοσυνθετική τους ικανότητα οργανικές ουσίες, που μέσω των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών μεταφέρονται στα ψάρια και από αυτά στον άνθρωπο.

3.2 Φυτοπλαγκτόν

3.2.1 Ορισμός

Η πρώτη χρήση του όρου ``πλαγκτόν`` αποδίδεται στο Γερμανό Βιολόγο Victor Hensen (1877), ο οποίος κατά το δεύτερο ήμισυ του 19ου αιώνα άρχισε μια σειρά εξερευνητικών για να καταγράψει τη σύνθεση, την αφθονία και την κατανομή των μικροσκοπικών οργανισμών στα ανοιχτά των ωκεανών (Μουστάκα–Γούνη, 1997). Ωστόσο, η χρήση της λέξης ``πλαγκτόν`` προέρχεται από το αρχαίο Ελληνικό ``Πλαγκτός`` που σημαίνει ``περιπλανώμενος``. Στην πράξη, το πλαγκτόν είναι γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς (φυτικούς και ζωικούς) που υπάρχουν σε ένα υδάτινο σώμα και δεν μπορούν να αντισταθούν στο ρεύμα (σε αντίθεση με τα ψάρια). Τα φυτοπλαγκτόν είναι ζωντανοί αυτότροφοι οργανισμοί που κινούνται παθητικά στο γλυκό νερό ή τη θάλασσα, εξαιτίας ανέμου ή ρευμάτων. Είναι φωτοσυνθετικά πλαγκτικά πρώτιστα και φυτά, μονοκύτταροι οργανισμοί μονήρεις ή διατεταγμένοι σε αλυσίδες. Αποτελούν ένα μικροσκοπικό ζωντανό υλικό, που μερικές φορές δεν είναι ορατό ούτε με μικροσκόπιο, ωστόσο αποτελεί τη βάση της τροφικής αλυσίδας σε υδάτινες περιοχές, δημιουργώντας το πρώτο οργανικό υλικό και εξαρτώμενο με τη σειρά του, από δραστηριότητες κυρίως μικροβίων για τη μετατροπή οργανικού υλικού σε ανόργανες θρεπτικές ουσίες, που απαιτούνται από τα φυτά.

Περιλαμβάνει περισσότερα από 5000 είδη (Pillay and Kutty, 2005) τα οποία προέρχονται από απομακρυσμένες φυλογενετικές ομάδες. Οι πιο γνωστές ομάδες του θαλάσσιου φυτοπλαγκτού από τις πρώτες μελέτες είναι τα διάτομα και τα δινοφύκη ενώ με την χρήση σύγχρονων αναλυτικών μεθόδων αναλυτικού χαρακτηρισμού (π.χ

εφαρμογή της μικροσκοπίας φθορισμού) τις τελευταίες τρεις δεκαετίες προστίθενται τα κυανοβακτήρια τύπου *Synechococcus* και *Prochlorococcus* (Richmond, 2005).

3.2.2 Είδη - Ταξινόμηση

Το πλαγκτόν μπορεί να ταξινομηθεί σε υποκατηγορίες που περιλαμβάνουν φυτικούς οργανισμούς όπως οι τα φύκη (φυτοπλαγκτόν), ζωικούς οργανισμούς (ζωοπλαγκτόν), βακτήρια (βακτηριοπλαγκτόν), και κατώτερες μορφές φυτών, όπως είναι οι φυκομούκητες (Pillay and Kutty, 2005). Η γενική αυτή ταξινόμηση έχει γίνει καθολικά αποδεκτή, αλλά συχνά συνδυάζεται με έναν άλλο τρόπο ταξινόμησης ο οποίος βασίζεται στο μέγεθος των πλαγκτικών οργανισμών. Οι κατηγορίες μεγέθους που έχουν συγκροτηθεί διεθνώς περιλαμβάνουν τις ακόλουθες ομάδες (Σχήμα 3.1).

α) Το μακροπλαγκτόν που συμπεριλαμβάνει όλους του μικρο-οργανισμούς των οποίων το μέγεθος κυμαίνεται από 5 mm μέχρι 5 cm (ή από 1 mm μέχρι 5 cm σύμφωνα με μια άλλη εκδοχή). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κυρίως διάφορα νυμφικά και μετανυμφικά στάδια ψαριών και καρκινοειδών.

β) Το μεσοπλαγκτόν στο οποίο κατατάσσονται όλοι οι μικρο-οργανισμοί των οποίων το μέγεθος κυμαίνεται από 1 μέχρι 5 mm (ή από 0,5 μέχρι 1 mm). Στην κατηγορία αυτή υπάγονται μερικά κωπήποδα και τα προνυμφικά στάδια ορισμένων ψαριών και καρκινοειδών.

γ) Το μικροπλαγκτόν (μέγεθος: 50 μ m μέχρι 1 mm ή 50 μ m μέχρι 0,5 mm) στο οποίο υπάγονται μόνο ορισμένα διάτομα από τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς, το

μεγαλύτερο μέρος των κωπήποδων και πολλά από τα νεαρά στάδια των μεροπλαγκτικών οργανισμών.

δ) Το νανοπλαγκτόν (μέγεθος: 5 μέχρι 50 μm) στο οποίο υπάγεται η πλειοψηφία των γυμνών μαστιγωτών, τα μικρά διάτομα και δινομαστιγωτά, τα βλεφαριδωτά, οι μικρότερες από τις νύμφες των ασπόνδυλων, κλπ.

ε) Το ουλτραπλαγκτόν (μέγεθος: < 5 μm) το οποίο δεν συγκρατείται από τα πλαγκτικά δίκτυα και συμπεριλαμβάνει τα βακτήρια και τα μικρότερα από τα είδη των μαστιγωτών.

Μερικοί ωκεανολόγοι προσθέτουν στις παραπάνω κατηγορίες το μεγαλοπλαγκτόν στο οποίο συμπεριλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί των οποίων το μέγεθος ξεπερνάει τα 5 cm.

Ομάδα		Εύρος μεγεθών
Πικοπλαγκτόν	Φυτοπλαγκτόν	0.2-2 μm
Νανοπλαγκτόν		2-20 μm
Μικροπλαγκτόν		20-200 μm
Μεσοπλαγκτόν	Ζωοπλαγκτόν	0.2 -2 mm
Μακροπλαγκτόν		2-20mm
Μεγαπλαγκτόν		20+ mm

Σχήμα 3-1: Ταξινόμηση πλαγκτικών ομάδων ανά τάξη μεγέθους.

3.2.3 Χρήσεις

Τα στελέχη του φυτοπλαγκτού (μικροφύκη) χρησιμοποιούνται κύρια στην υδατοκαλλιέργεια για την εκτροφή προνυμφών ψαριών και ασπόνδυλων μαλακίων. Στις προνύμφες παρέχονται συνήθως ζωντανά (κατευθείαν μετά την καλλιέργειά τους) αλλά έχει αναπτυχθεί και τεχνολογία αφυδάτωσης μικροφυκών (spray-dried, freeze-dried micro-algae) με σκοπό τη συσκευασία και συντήρησή τους για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (Αθανασοπούλου και Πανταζής, 2010). Επίσης η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ενσωμάτωση αφυδατωμένων μικροφυκών σε ιχθυοτροφές-ζωοτροφές με σκοπό την ενίσχυσή τους σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα ω -3/ ω -6 (και επομένως τη μερική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου που σπανίζουν και είναι και ακριβά). Άλλες χρήσεις των μικροφυκών περιλαμβάνουν (Τσαγκαμίλης, 2009; Αθανασοπούλου και Πανταζής, 2010):

α) Παραγωγή βιο-ντίζελ. Πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρησιμοποίηση καλλιεργειών χερσαίων φυτών (καλαμπόκι, σόγια, κράμβη): δέκα στρέμματα καλλιέργειας μικροφυκών μπορούν να αποδώσουν 45.000 λίτρα βιοκαυσίμου ετησίως, ενώ 10 στρέμματα καλαμπόκι αποδίδουν 2.500 λίτρα αιθανόλης ετησίως και 10 στρέμματα σόγιας αποδίδουν 560 λίτρα βιοντίζελ ετησίως.

β) Συστατικά ζωοτροφών. Λόγω της καλής περιεκτικότητας των μικροφυκών σε πρωτεΐνη καλής βιολογικής αξίας (40-70% της Ξηρής Ουσίας), σε βιταμίνες (Θειαμίνη, Ριβοφλαμίνη, Πυριδοξίνη 3-55 ppm της Ξηρής Ουσίας, Προβιταμίνη Α 500-1000 ppm της Ξηρής Ουσίας), μεταλλικά στοιχεία και χρωστικές (λουτεΐνη, ζεαξανθίνη, ασταξανθίνη κ.α. μέχρι και 5% της Ξηρής Ουσίας), τα αφυδατωμένα μικροφύκη δύνανται να ενσωματωθούν μέχρι και 10% της Ξηρής Ουσίας των σιτηρεσίων

χερσαίων αγροτικών ζώων (πουλερικά, χοίροι, μηρυκαστικά) με αποδεδειγμένη επιτυχία στη βελτίωση των αποδόσεών τους.

γ) Φαρμακοβιομηχανία-καλλυντικά. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται και ολόκληρη η κυτταρική αφυδατωμένη μάζα (ενισχυτικά διατροφής) ή και ορισμένα συστατικά της (λιπαρά οξέα, χρωστικές, βιταμίνες) που έχουν εκχειλιστεί / διαχωριστεί από τη συνολική κυτταρική βιομάζα. Στα ζώα (χερσαία και υδρόβια) έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η ενσωμάτωση μικροφυκών στην τροφή ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα και γενικότερα την αντίσταση του οργανισμού σε προσβολές από πάσης φύσης παθογόνα.

δ) Διαχείριση-επεξεργασία λυμάτων. Τα μικροφύκη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών (και άλλων) λυμάτων, διότι χρησιμοποιούν τα αμμωνιακά και νιτρικά άλατα και ταυτόχρονα παράγουν οξυγόνο που αποβαίνει πολύ χρήσιμο για τα αερόβια βακτήρια που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αυτές. Μια πολύ σημαντική ιδιότητα των μικροφυκών για την περίπτωση επεξεργασίας λυμάτων είναι η αυξημένη ικανότητά τους για δέσμευση διαφόρων πολυσθενών ιόντων: έχει αποδειχθεί ότι δύνανται να απορροφούν ιόντα χρωμίου, ουρανίου, σιδήρου και αργύρου με αποτέλεσμα τη μείωση των συγκεντρώσεών τους στα λύματα. Επίσης, κατά τη διάρκεια της δράσης τους σε δεξαμενές επεξεργασίας λυμάτων, αυξάνουν τη θερμοκρασία των λυμάτων (διότι μέρος της δεσμευόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα) με αποτέλεσμα την καταστροφή διαφόρων παθογόνων (κολοβακτηρίδια και άλλα εντερικά βακτηρίδια που συναντώνται στα αστικά λύματα).

ε) Απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από ρυπογόνες βιομηχανίες. Επειδή η καλλιέργεια των αυτότροφων φωτοσυνθετικών μικροφυκών απαιτεί διαθέσιμο διοξείδιο του άνθρακα, πολλές από τις προαναφερόμενες εφαρμογές μπορούν να συνδυαστούν με την παροχέτευση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα από τη βαριά ή και ελαφριά βιομηχανία (π.χ. ζυθοποιεία). Έτσι μειώνεται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με όλες τις συνεπακόλουθες ευεργετικές επιπτώσεις για τη διάσωση του περιβάλλοντος (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου).

3.3 Ταξινόμηση στελεχών φυτοπλαγκτού

Το σύνηθες μέγεθος των φυσικών κυττάρων ποικίλλει από 2 ως 200 μm (Castro and Huber, 1999; Pillay and Kutty, 2005). Ταξινομικά, υφίσταται ένας μεγάλος αριθμός οικογενειών, ο οποίος προσδιορίζεται σύμφωνα με διάφορα κριτήρια :

- Φωτοσυνθετικές χρωστικές
- Δομή της μεμβράνης
- Ύπαρξη μαστιγίων
- Σύνθεση των κυττάρων κτλ.

Οι κυριότερες κατηγορίες μικροφυκών που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες περιλαμβάνουν (Πίνακας 3.1):

Cyanobacteria: Κυανοπράσινα μονοκύτταρα ή νηματοειδή φύκη τα οποία χαρακτηρίζονται από μη ευδιάκριτο πυρήνα, την έλλειψη πυρηνικής και μιτοχονδριακής μεμβράνης και πυρηνίσκων. Οι χρωστικές είναι διασκορπισμένες γύρω

από την περιφέρεια (απουσία χλωροπλαστών) του κυττάρου και προσδίδουν στο κύτταρο ένα χρωματισμό κυανοπράσινο, λαδί, κίτρινο, κόκκινο ή βιολετί. Η αναπαραγωγή γίνεται με διχοτόμηση. Οι ανθήσεις τους προκαλούν χρωματισμό των εσωτερικών νερών και μαζικούς θανάτους ψαριών (*Microcystis*). Μερικές μορφές κυρίως του γλυκού νερού δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο (στο θαλάσσιο περιβάλλον *Trichodesmium*, σε υφάλμυρα νερά *Oscillatoria*).

Chlorophyta: Είναι από τις πλέον ποικιλόμορφες οικογένειες φυκών περιλαμβάνοντας από μονοκύτταρους οργανισμούς, μέχρι αποικίες και μεγάλο μέγεθος οργανωμένες δομές. Παρουσιάζονται σε θαλασσινά και γλυκά νερά. Τα θαλάσσια είδη παρουσιάζουν μεγάλο χημικό ενδιαφέρον και είναι από τις πλέον μελετημένες ομάδες φυκών. Η κατηγορία αυτή των φυκών χαρακτηρίζεται από την παρουσία χλωροφύλλης α και β και διαφόρων καροτινών και ξανθοφυλλών. Ορισμένα από τα φύκη αυτά δεν έχουν απόλυτα πράσινο χρώμα, λόγω της παρουσίας σε μεγάλη ποσότητα άλλων χρωστικών. Η σπουδαιότερη από τις ουσίες που αποταμιεύουν είναι το άμυλο, ενώ τα κύτταρά τους φέρουν ισόκοντα μαστίγια σε κάποιο στάδιο της ζωής τους.

Πίνακας 3-1: Κυριότερες κατηγορίες μικροφυκών που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες (Πηγή: Stanier and van Niel, 1962, Pillay and Kutty, 2005)

PROCARYOTA (Stanier and van Niel. 1962)		
ΔΙΑΙΡΕΣΗ	ΚΛΑΣΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
CYANOPHYTA	CYANOPHYCEAE	Πλαγκτονικά και βενθικά, επικρατούν στις τροπικές περιοχές, αποικούν όλα τα περιβάλλοντα π.χ. θερμές πηγές, σχηματίζουν ερυθρές παλίρροιας <i>Spirulina Trichodesmium</i> .
EUCARYOTA		
ΔΙΑΙΡΕΣΗ	ΚΛΑΣΗ	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗΣ
<i>RHODOPHYTA</i>	<i>RHODOPHYCEAE</i>	Βενθικά, πολύ σπάνια, συνήθως απαντώνται στις παράκτιες περιοχές
<i>CHLOROPHYTA</i>	<i>CHLOROPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά και βενθικά, 13% θαλάσσια είδη, συνήθως απαντώνται στις παράκτιες περιοχές, <i>Dunaliella Chlorella, Nannochloris</i>
	<i>PRASINOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά και βενθικά, <i>Tetraselmis</i>
	<i>CHAROPHYCEAE</i>	Βενθικά
<i>EUGLENOPHYTA</i>	<i>EUGLENOPHYCEAE</i>	Κυρίως περιστασιακά άφθονα στις παράκτιες περιοχές και κυρίως σε εύτροφες λίμνες
<i>XANTHOPHYTA</i>	<i>XANTHOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά και βενθικά, 15% θαλάσσια είδη, πολύ σπάνια
<i>BACILLARIOPHYTA</i> (Διάτομα)	<i>BACILLARIOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά και βενθικά, 30-50% θαλάσσια είδη, άφθονα στις παράκτιες περιοχές, <i>Pennales Centrales, Chaetoceros, Thalassiosira, Skeletonema Nitzschia Navicula Phaeodactylum</i>
<i>CHRYSTOPHYTA</i>	<i>CHRYSTOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά, σπάνια, συνήθως απαντώνται στις παράκτιες περιοχές
	<i>HAPTOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά, κυρίως θαλάσσια είδη, <i>Isochrysis, Pavlova</i>
<i>PHAEOPHYTA</i>	<i>PHAEOPHYCEAE</i>	Βενθικά
<i>PYRRHOPHYTA</i>	<i>DINOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά, 93% θαλάσσια είδη, άφθονα στις τροπικές περιοχές, σχηματίζουν ερυθρές παλίρροιας, <i>Gymnodinium</i>
	<i>DESMOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά, σχηματίζουν ερυθρές παλίρροιας, <i>Prorocentrum</i>
<i>CRYPTOPHYTA</i>	<i>CRYPTOPHYCEAE</i>	Πλαγκτονικά, κοσμοπολίτικα, συνήθως απαντώνται στις παράκτιες περιοχές, σημαντικό νανοπλαγκτόν, <i>Rhodomonas</i>

Phaeophyceae: Είναι πολυκύτταρα φύκη, που κατοικούν κυρίως στα αλμυρά και υφάλμυρα ύδατα, ενώ μερικά είδη της κατηγορίας, τα συναντούμε και στο γλυκό νερό. Το χρώμα των φαιοφυκών ποικίλει από ελαοπράσινο μέχρι σκούρο καφέ, γεγονός που οφείλεται στην υπεροχή των κίτρινων χρωστικών και ιδιαίτερα της φυκοξανθίνης. Άλλες χρωστικές, που χαρακτηρίζουν τα φαιοφύκη (μικρότερης σημασίας) είναι οι χλωροφύλλες α και c, καροτίνη και αρκετές ξανθοφύλλες (εκ των οποίων κυρίως η φυκοξανθίνη). Από τις ουσίες που αποταμιεύουν τα φαιοφύκη αναφέρονται τα σάκχαρα, ημανιτόλη και η λαμιναρίνη, η οποία αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό όλων των φαιοφυκών. Οι πολυκύτταρες μορφές, αντίθετα με τα χλωροφύκη, παρουσιάζουν διαφοροποίηση, ενώ μερικά έχουν εξειδικευμένα αγωγία κύτταρα.

Chrysophyceae: Είναι ανομοιογενής ομάδα φυκών, που περιέχει χλωροφύλλη α και στις χρυσόφαιες μορφές και χλωροφύλλη γ, β-καροτίνη και ξανθοφύλλες (φυκοξανθίνη). Δεν αποταμιεύουν άμυλο, αλλά ορισμένες διαφορετικές μορφές υδατανθράκων και άλατα. Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί και τα κύτταρά τους είναι ευκίνητα και φέρουν δύο μαστίγια.

Xanthophyceae: Τα μη κινητά μονοκύτταρα φύκη που αποτελούνται από κυτταρικό τοίχωμα που διαχωρίζεται σε δύο ίση ή άνισα μέρη με το μικρότερο να εισέρχεται ελαφρά μέσα στο μεγαλύτερο. Οι κινητοί οργανισμοί συνήθως έχουν δύο ανισομεγέθη μαστίγια (ένα λείο μικρό και ένα μεγάλο με ψευδοτριχίδια).

Bacillariophyceae: Μονοκύτταροι κίτρινο-καστανόχροοι οργανισμοί με μεγάλη ποικιλομορφία. Διαιρούνται σε δύο τάξεις: *Centrales* και *Pennales*. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των διατόμων αποτελεί το κυτταρικό τοίχωμα το οποίο αποτελείται από μία εσωτερική συνεχή στοιβάδα πηκτικών ουσιών και ένα εξωτερικό κέλυφος (πυριτίου)

που χωρίζεται σε δύο τμήματα, την επιθήκη και την υποθήκη. Αναπαράγονται με διαίρεση του κυττάρου στο σημείο επαφής των θηκών και τη δημιουργία ολοένα μικρότερων κυττάρων. Όταν τα κύτταρα φτάσουν ένα κρίσιμο μέγεθος σχηματίζονται αυξοσπόρια τα οποία επαναφέρουν τα κύτταρα στο κανονικό τους μέγεθος. Τα κύτταρα αυτά δεν έχουν δομές όπως μαστίγια ή βλεφαρίδες που να εξυπηρετεί την κίνηση. Θεωρείται όμως (κυρίως στα βενθικά είδη), ότι μπορούν να κινηθούν ελάχιστα με την παραγωγή βλέννας η οποία τους επιτρέπει να γλιστρούν. Συναντώνται σε μεμονωμένα κύτταρα ή συνδεδεμένα σε αλυσίδες. Αφθονούν στις εύκρατες και τροπικές περιοχές και θεωρούνται από τους σημαντικότερους πρωτογενείς παραγωγούς όλων των υδάτινων οικοσυστημάτων. Χαρακτηρίζονται από την παρουσία κυτοπλάσματος που περιέχει πυρήνα. Ιδιαίτερο γνώρισμα των διατόμων αποτελεί το κυτταρικό τους τοίχωμα, που χωρίζεται σε δύο μέρη από τα οποία το ένα εισχωρεί στο άλλο. Τα διάτομα διακρίνονται σε δύο κυρίως υποκλάσεις, τα *Centricae* και τα *Pennatae* και η διαφορά τους αφορά το σχήμα του κυτταρικού τους τοιχώματος. Στα *Centricae* το σχήμα του κυτταρικού τοιχώματος είναι συμμετρικό ως προς ένα κεντρικό ή πλάγιο σημείο ή σημεία, ενώ στα *Pennatae* το σχήμα είναι επιμήκες και δίνει την εντύπωση φτερού.

Dinophyta (Pyrrhophyta): Είναι μονοκύτταρα αυτότροφα φύκη, 1.100 είδη στον αριθμό και άλλα τόσα ετερότροφα. Πολλαπλασιάζονται με διαίρεση και έχουν δύο άνισα μαστίγια που τα χρησιμοποιούν για να κινούνται στο νερό. Το χρώμα τους είναι ερυθρόξανθο (πυρρόχρουν) λόγω της φυκοξανθίνης. Ωστόσο αποτελούνται κάποια από χρωματοφόρα πράσινα ή καστανοκίτρινα με χλωροφύλλη α και γ, ζουν στην θάλασσα αλλά και σε υφάλμυρα και γλυκά νερά, χρησιμοποιούνται κυρίως στην διατροφή των ψαριών, ενώ κάποια άλλα είδη είναι πολύ επικίνδυνα, καθώς εκκρίνουν

τοξίνες θανατώνοντας τα ψάρια. Τα πυρρόφυτα διαιρούνται σε 4 κλάσεις: τα κρυπτοφύκη, χλωρομοναδοφύκη, δεσμόκοντα και δινόκοντα (ή περιδίνα). Στα τελευταία ανήκει ο *Gonyaulax*, ο οποίος προξενεί ερυθρή παλίρροια (Red tide), που δηλητηριάζει ψάρια και ανθρώπους στον Ειρηνικό κυρίως ωκεανό. Στο πλαγκτόν της Πορτογαλίας το είδος *Prorocentrum micans* προξενεί δηλητηριάσεις στα όστρακα και ένα άλλο είδος το *Gymnodinium veneficum*, *Pyrodinium* ενώ άλλα περιέχουν τοξίνες, με συνέπεια να δηλητηριάζουν τα ψάρια.

Euglenophyta: Είναι απλά μονοκύτταρα φύκη, με 1-3 μαστίγια και ζουν στο νερό και στα έλη. Συνολικά μέχρι σήμερα έχουν βρεθεί 400 είδη τέτοιων φυκών. Τα ευγλενόφυτα, πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση, έχουν πυρήνα σφαιρικό και χλωροπλάστες με χλωροφύλλη α, β και διάσπαρτη καρωτίνη β. Κάποια είδη χωρίς χρωμοφόρα, είναι απλά σαπρόφυτα διαλυμένων οργανικών ουσιών, όπως ισχύει για το είδος *Eyglena viridis*. Πρόκειται για αυτότροφους οργανισμούς που ζουν ελεύθεροι και συνήθως έχουν ένα ή δύο μαστίγια. Έχουν την ικανότητα να φωτοσυνθέτουν και μάλιστα έχουν ένα φωτοευαίσθητο όργανο, το οποίο χρησιμεύει στο να διακρίνουν την κατεύθυνση του φωτός. Χρησιμοποιώντας το όργανο αυτό και το μαστίγιο, μπορούν να μετακινηθούν ή να περιστραφούν έτσι ώστε να φωτίζεται η «ράχη» τους.

Cryptophyta: Μονοκύτταρα μαστιγοφόρα (δύο άνισα μαστίγια) με χαρακτηριστικό ασύμμετρο ωοειδές σχήμα και την παρουσία τριχοκύστεων σε σχηματισμό αλυσίδας. Τα είδη αυτά παλιότερα είχαν καταταγεί στα *Pyrrhophyta*.

3.4 Σχέση Φυτοπλαγκτού - Ζωοπλαγκτού

Το πέρασμα από το πρώτο (παραγωγό) στο δεύτερο (πρωτογενείς καταναλωτές) τροφικό επίπεδο είναι εξαιρετικά μεγάλης σημασίας δεδομένου ότι η παραγωγικότητα των επομένων επιπέδων, που ενδιαφέρει άμεσα τον άνθρωπο, επηρεάζεται από αυτή των δύο πρώτων (Κεντούρη, 1998β).

Από διάφορες μελέτες που έγιναν στο φυσικό περιβάλλον προκύπτει ότι τα δύο αυτά τροφικά επίπεδα παρουσιάζουν το μέγιστος της αφθονίας τους είτε σχεδόν ταυτόχρονα είτε με κάποια σημαντική χρονική καθυστέρηση κατά την οποία το φυτοπλαγκτόν προηγείται πάντα του ζωοπλαγκτού. Στην πρώτη περίπτωση οι ποσοτικές σχέσεις μεταξύ φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού χαρακτηρίζονται σαν άμεσες, ενώ στη δεύτερη σαν αντίθετες (Lavens and Sorgeloos, 1996; Sorgeloos et.al., 2001).

Η ύπαρξη άμεσων ποσοτικών σχέσεων εξηγείται εύκολα: το ζωοπλαγκτόν αφθονεί όταν η τροφή του (φυτοπλαγκτόν) αφθονεί. Αυτό παρατηρείται συχνά στις θερμές θάλασσες (μακριά από τις ζώνες upwelling) όπου η συνεχής παρουσία του θερμοκλινούς παρεμποδίζει την κατακόρυφη ανάμιξη των υδάτων και όπου το φυτοπλαγκτόν παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις μικρού εύρους. Το φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν παρουσιάζει τις ίδιες διακυμάνσεις.

Επίσης, άμεσες ποσοτικές σχέσεις παρατηρούνται στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όπου η μικρή διάρκεια της ευνοϊκής εποχής συντελεί στο να παρουσιάζονται τα μέγιστα του φυτοπλαγκτού και του ζωοπλαγκτού σχεδόν ταυτόχρονα ή με μία πολύ μικρή χρονική απόκλιση. Σήμερα επικρατεί η άποψη ότι η άμεση ποσοτική σχέση των δύο αυτών τροφικών επιπέδων είναι ένδειξη ενός καλά ισορροπημένου οικοσυστήματος

στο οποίο η ενέργεια που μεταφέρεται από το πρώτο στο δεύτερο επίπεδο είναι μέγιστη. Αντίθετες ποσοτικές σχέσεις παρατηρούνται κυρίως στα εύκρατα κλίματα όπου έχουμε κάθε χρόνο δύο μέγιστα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού (ένα πολύ έντονο την άνοιξη και ένα λιγότερο έντονο το φθινόπωρο) που ακολουθούνται από δύο μέγιστα ανάπτυξης του ζωοπλαγκτού. Οι αντίθετες σχέσεις είναι δυσκολότερο να ερμηνευθούν. Στην σύγχρονη βιβλιογραφία, επικρατούν τρεις βασικές θεωρίες (Κεντούρη 1998)):

- α) η θεωρία του ζωικού αποκλεισμού,
- β) η θεωρία του διαφορετικού ρυθμού αυξήσεως και
- γ) η θεωρία της έντονης κατανάλωσης από το ζωοπλαγκτόν.

Η θεωρία του «ζωικού αποκλεισμού» δεν μπορεί να γενικευθεί σε όλες τις περιπτώσεις. Ανταποκρίνεται μόνο σε μερικές ειδικές περιπτώσεις. Έτσι, παρατηρήθηκε ότι στις περιοχές της Βόρειας Θάλασσας, που χαρακτηρίζονται από μεγάλες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού, υπάρχει λίγο ζωοπλαγκτόν και οι ρέγγες τις αποφεύγουν. Επίσης, στις Ινδικές ακτές τα σκουμπριά του γένους *Rastrelliger* γεννούν τα αυγά τους κατά προτίμηση σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από σμήνη *Noctiluca*. Οι οργανισμοί αυτοί εκκρίνουν ουσίες που απομακρύνουν τους θηρευτές των αυγών. Εκτιμώντας τον ρυθμιστικό ρόλο διαφόρων ουσιών στις σχέσεις που διέπουν τους πληθυσμούς και τις διακυμάνσεις της αφθονίας τους φαίνεται ότι η θεωρία αυτή περιέχει κάποια δόση αλήθειας. Μερικοί ερευνητές παρατήρησαν ότι τα ζωοπλαγκτονικά είδη που «αποφεύγουν» τις μεγάλες φυτοπλαγκτονικές συγκεντρώσεις παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη τάση συγκέντρωσης στα επιφανειακά στρώματα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Έτσι, υπέθεσαν, χωρίς να υπάρχουν αποδείξεις, ότι η νυκτερινή

άνοδος συνδέεται με τη μείωση της συγκέντρωσης αποθητικών ουσιών μέσα στο νερό λόγω διακοπής της φωτοσύνθεσης.

Η δεύτερη θεωρία είναι καλύτερα θεμελιωμένη. Η ανάπτυξη ενός φυτοπλαγκτονικού πληθυσμού είναι πολύ γρήγορη όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές γιατί γίνεται με απλή διαίρεση των κυττάρων, ενώ η αύξηση ενός ζωοπλαγκτονικού είδους είναι πολύ πιο βραδεία δεδομένου ότι, κατά μέσο όρο, η διαδοχή των γενεών διαρκεί 4 – 6 εβδομάδες.

Η τρίτη θεωρία είναι περισσότερο αποδεκτή σήμερα. Εξάλλου η ισχύς της απεδείχθη στην πράξη στην περιοχή του Sidney από τον HUMPHREY. Στην περιοχή αυτή το φυτοπλαγκτόν αφθονεί και παρουσιάζει τρία μέγιστα (τον Φεβρουάριο, τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο) τα οποία δεν εξαντλούν τα θρεπτικά άλατα του περιβάλλοντος. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η βιομάζα του φυτοπλαγκτού είναι, κατά μέσο όρο, τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή του ζωοπλαγκτού εξαιρουμένων των περιπτώσεων όπου εμφανίζονται σμήνη σαλπών που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες φυτοπλαγκτικών οργανισμών και προκαλούν την απότομη μείωσή των. Επίσης, τελευταία απεδείχθη ότι τα κωπήποδα, που είναι οι σημαντικότεροι θηρευτές του φυτοπλαγκτού, προβαίνουν σε «overgrazing» που έχει σαν συνέπεια την απότομη μείωση της συγκέντρωσης των φυτοπλαγκτικών οργανισμών μέσα στο νερό. Το «overgrazing» αντιστοιχεί σε υπερκατανάλωση του φυτοπλαγκτού όταν η συγκέντρωσή του είναι υψηλή. Συγκεκριμένα, κάθε κωπήποδο μπορεί να καταναλώσει μέχρι 40% του βάρους του, ενώ οι πραγματικές ανάγκες περιορίζονται σε 10 – 14%. Η υπερκατανάλωση αυτή έχει δύο συνέπειες:

α) τα φυτοπλαγκτικά κύτταρα που συγκρατούνται από το φίλτρο διήθησης των κωπήποδων χωρίς να αφομοιώνονται καταστρέφονται, η οργανική ύλη που

ελευθερώνεται αποσυντίθεται από τα βακτηρίδια και τροφοδοτεί με θρεπτικά άλατα την πρωτογενή παραγωγή,

β) επειδή η ποσότητα που καταναλώνεται είναι υπερβολικά μεγάλη, η πέψη είναι ατελής και τα περιττώματα πλούσια σε άπεπτη οργανική ύλη η οποία αποσυντίθεται ή χρησιμεύει όπως έχει σαν τροφή για άλλους πλαγκτονικούς ή βενθικούς οργανισμούς. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η κατανάλωση ή η υπερκατανάλωση προκαλούν πτώση της συγκέντρωσης των φυτοπλαγκτικών οργανισμών, η οποία όμως είναι πολύ έντονη μόνο όταν η ταχύτητα πολλαπλασιασμού τους έχει μειωθεί είτε λόγω έλλειψης θρεπτικών αλάτων είτε λόγω γήρατος των μητρικών κυττάρων.

Κεφάλαιο 4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΗΣ ΣΤΙΣ

ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

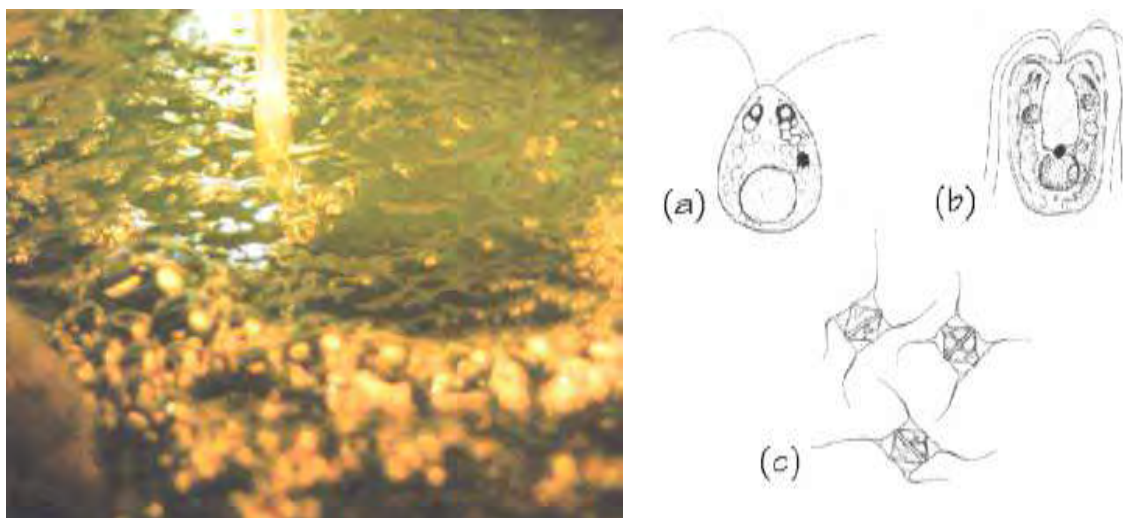
4.1 Εισαγωγή

Το 90% του όγκου των μικροφυκών που παράγεται στις μονάδες και στα ερευνητικά κέντρα βασίζεται κυρίως στην καλλιέργεια οκτώ ειδών (De Pauw και Persoone, 1988; Coutteau, 1992). Η δυνατότητα μαζικής παραγωγής τους επιτρέπει τη γρήγορη ανάπτυξη των καλλιεργειών των τροχοζώων (rotifers) και (*Artemia*). Τέλος, χρησιμοποιούνται και στις νυμφικές καλλιέργειες των θαλασσινών ειδών ψαριών (καλλιέργειες σε «πράσινα νερά») ως ρυθμιστές της ποιότητας του περιβάλλοντος νερού και ως εμπλουτιστικός παράγοντας των ζωοπλακτονικών θηραμάτων που διανέμονται στις νύμφες. Η επιλογή των φυτοπλακτικών ειδών που χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς αυτούς εξαρτάται από τη θρεπτική τους αξία, το μέγεθός τους, την έλλειψη τοξικότητας και την ευκολία της καλλιέργειας.

4.2 Παραγωγή φυτοπλακτού - μικροφύκη

Η μαζική παραγωγή του φυτοπλακτόν για τα rotifers, *Artemia* και το «πράσινο νερό» στα περισσότερα εκκολαπτήρια περιορίζεται σε μερικά είδη όπως: *Chlorella spp.*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Nannochloropsis oculata* και *N. gaditana*,

Dunaliella tertiolecta, και *Tetraselmis suecica* (Σχήμα 4.1) (Moretti et al., 1999). Αυτά τα είδη έχουν επιλεγεί βάσει του μεγέθους, της θρεπτικής αξίας, της ευκολίας καλλιέργειας και της απουσίας αρνητικών παρενεργειών τους, όπως η τοξικότητα. Η θρεπτική αξία τους παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα όχι μόνο μεταξύ διαφορετικών ειδών, αλλά και σε γενετικά διαφορετικούς πληθυσμούς των ίδιων ειδών (στελέχη).



Σχήμα 4.1. α) Μαζική καλλιέργεια μικροφυκών β) Τυπικά μικροφύκη που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες (α) *Tetraselmis spp.* (b) *Dunaliella spp.* (c) *Chaetoceros spp.* (Lavens, P. and Sorgeloos, P. 1996).

Για τα εκκολαπτήρια, τα είδη που καλλιεργούνται πρέπει να ταιριάζουν καλά και στις τοπικές συνθήκες εκτροφής και να έχουν υψηλή θρεπτική αξία για τα rotifers. Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα θρεπτικών ενισχυτικών ως διατροφές εμπλουτισμού και για τα rotifers και για την *Artemia*, έχουν καταστήσει αυτήν την επιλογή ευκολότερη (Brown et al., 1997).

4.2.1 Χαρακτηριστικά μαζικής παραγωγής

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της μαζικής παραγωγής μικροφυκών περιλαμβάνουν τα εξής ():

Δυναμική πληθυσμών

Η δυναμική πληθυσμών των μικροφυκών μπορεί να περιγραφεί από διαφορετικές φάσεις:

- η φάση εγκλιματισμού, όπου, αμέσως μετά τον ενοφθαλμισμό του υλικού καλλιέργειας, τα κύτταρα αυξάνονται σε μέγεθος, αλλά όχι σε αριθμό, και αρχίζουν να απορροφούν θρεπτικά συστατικά
- η φάση πολλαπλασιασμού (ή εκθετική φάση), όπου τα κύτταρα αναπαράγονται πολύ γρήγορα και η πληθυσμιακή αύξηση είναι εκθετική
- η μεταβατική φάση (ή μειωμένη φάση αύξησης), όπου το ποσοστό αύξησης επιβραδύνεται
- η στάσιμη φάση, όπου τα κύτταρα παραμένουν σταθερά σε αριθμό και η αναπαραγωγή ισορροπείται από το θάνατο
- η φάση πτώσης, όπου ο αριθμός των κυττάρων μειώνεται από το ποσοστό θανάτου που υπερβαίνει την αύξηση.

Συστήνεται να γίνεται συγκομιδή των φυκών κατά τη διάρκεια της φάσης πολλαπλασιασμού, δεδομένου ότι στη νέα καλλιέργεια θα αυξηθούν γρηγορότερα και θα παράγουν έναν πιο βιώσιμο πληθυσμό (Moretti et al., 1999).

Συστήματα μαζικής παραγωγής

Για λόγους υδατοκαλλιέργειας, τα μικροφύκη παράγονται μαζικά με τρεις κύριους τρόπους: (i) καλλιέργεια κατά ομάδες (ή ασυνεχών ή πολλαπλών βημάτων εφεδρικών συστημάτων), (ii) ημισυνεχής καλλιέργεια, και (iii) συνεχής καλλιέργεια (Shields, 2001).

Στην καλλιέργεια κατά ομάδες μία μικρή στείρα εφεδρική καλλιέργεια παράγει μια σειρά καλλιεργείων αυξανόμενου όγκου όπου ο πληθυσμός των φυκών κάθε δοχείου καλλιέργειας συγκομίζεται εξ ολοκλήρου ή κοντά στη μέγιστη πυκνότητά του, δηλ. ενώ ακόμα συντηρεί ένα ισχυρό αναπτυξιακό δυναμικό, για να χρησιμοποιηθεί είτε για τον ενοφθαλμισμό άλλων δοχείων καλλιέργειας, είτε για το τάισμα των rotifers, είτε για να χρησιμοποιηθεί στις δεξαμενές των νυμφών. Χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά μικρά (λίγα λίτρα) έως μέσου μεγέθους δοχεία (500 λίτρα), και κρατιέται εσωτερικά στο κτήριο και κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες, εάν όχι στείρες, συνθήκες. Θεωρείται από τους περισσότερους συγγραφείς η ευκολότερη και πιο αξιόπιστη μέθοδος παραγωγής μικροφυκών, υπό τον όρο ότι επιβάλλεται αυστηρά το λειτουργικό πρωτόκολλο. Η ποιότητα των φυκών είναι λιγότερο ασταθής από ότι στην ημισυνεχή μέθοδο, ακόμα και αν η τελευταία είναι παραγωγικότερη για οποιοδήποτε δεδομένο όγκο.

Στο ημισυνεχές σύστημα ο πληθυσμός των φυκών, όταν πυκνώσει, συγκομίζεται μερικώς κατά διαστήματα. Ο συγκομισμένος όγκος αντικαθίσταται από φρέσκο υλικό καλλιέργειας για να συνεχιστεί η αύξηση της καλλιέργειας. Αυτός ο τύπος καλλιέργειας υιοθετείται για να παράγει φύκη σε μεγάλες ποσότητες και χρησιμοποιεί συχνά μεγάλες υπαίθριες δεξαμενές. Τα κύρια μειονεκτήματά της είναι:

(i) η απρόβλεπτη διάρκεια, (ii) ο κίνδυνος μόλυνσης από άλλους ανταγωνιστικούς οργανισμούς (άλλα είδη μικροφυκών), μολυσματικούς παράγοντες (βακτηρίδια) και θηρευτές (βλεφαριδωτά πρωτόζωα που τρέφονται με φύκη), καθώς επίσης και (iii) η αύξηση μεταβολιτών, οι οποίοι μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα.

Το συνεχές σύστημα είναι μία σταθερής κατάστασης συνεχούς ροής καλλιέργεια στην οποία ο ρυθμός ανάπτυξης εξαρτάται από το ρυθμό ανεφοδιασμού του περιοριστικού παράγοντα. Είναι ένα ισορροπημένο στείρο σύστημα όπου ο πληθυσμός των φυκών συγκομίζεται και λιπαίνεται συνεχώς. Αυτή η μέθοδος, αν και η αποδοτικότερη για μακρές περιόδους, παράγει περιορισμένες ποσότητες υψηλής ποιότητας κυττάρων και απαιτεί σύνθετο εξοπλισμό καθώς επίσης και προηγμένη διαχείριση. Μια σχετικά πρόσφατη εξέλιξη αυτού του συστήματος αντιπροσωπεύεται από το φωτοβιο-αντιδραστήρα, μια συσκευή συνεχούς καλλιέργειας που αυξάνει την πυκνότητα των καλλιεργημένων μικροφυκών σε πολύ υψηλά επίπεδα κάτω από προβλέψιμες περιβαλλοντικές και μικροβιολογικές συνθήκες.

Τα παραχθέντα μικροφύκη μπορούν να συγκεντρωθούν σε ένα πυκνό υγρό διάλυμα με φυγοκέντρηση, και μπορούν έπειτα να αποθηκευτούν για περισσότερους από έναν μήνες στο ψυγείο, έχοντας ακόμα άριστη βιωσιμότητα όταν χρησιμοποιούνται. Μια νέα βιομηχανία εμφανίζεται τώρα, της οποίας τα συμπυκνωμένα προϊόντα φυκών μπορούν επίσης να εκπληρώσουν τις ανάγκες των εκκολαπτηρίων, σώζοντας τη χρονοβόρα και ακριβή παραγωγή μικροφυκών στο εκκολαπτήριο.

Το σύστημα που περιγράφεται κατωτέρω είναι η καλλιέργεια κατά ομάδες, ευρύτατα υιοθετημένη μέθοδος από τα εκκολαπτήρια (Σχήμα 4.2) (Moretti et al., 1999).



Σχήμα 4.2 – Παλαιού τύπου μονάδα παραγωγής φυκών σε μεγάλη κλίμακα με χρήση τεχνητού φωτισμού

4.2.2 Εγκαταστάσεις μαζικής καλλιέργειας μικροφυκών

Τα μικροφύκη συνήθως καλλιεργούνται σε αφιερωμένο τομέα του τμήματος παραγωγής ζωντανών τροφών, το οποίο αποτελείται από τρεις περιοχές εργασίας μέσα στο εκκολαπτήριο: ένα εργαστήριο για την αναπαραγωγή μικρών καλλιέργειών, ένα κλιματιζόμενο δωμάτιο για να διατηρήσει μικρά δοχεία καλλιέργειας και καθαρά στελέχη και τελικά μια μεγάλη περιοχή για τη μαζική καλλιέργεια σε σακούλες PE ή, λιγότερο συχνά, δεξαμενές. Στις θερμότερες μεσογειακές περιοχές, ένα ελαφρύ θερμοκήπιο μπορεί να αντικαταστήσει τα τελευταία.

Οι μικρού όγκου καλλιέργειας διατηρούνται σε δοχεία που κυμαίνονται από σωλήνες δοκιμής 20 ml μέχρι δοχεία 18 l (Σχήμα 4.3) . Μπορούν να είναι από γυαλί, πολυκαρβονικά, PET ή οποιοδήποτε άλλο υλικό ικανό να αντέξει μια διαδικασία αποστείρωσης. Τα δοχεία τοποθετούνται σε γυάλινα ράφια που φωτίζονται από φώτα φθορισμού και εξοπλίζονται με ένα σύστημα εμπλουτισμού σε CO₂ του αέρα.

Για μεγαλύτερους όγκους χρησιμοποιούνται σωληνοειδείς σακούλες PE. Οι σακούλες είναι συνήθως 0.25 χιλ. παχιές πλάτους από 45 έως 95 εκατ. Δύο σχέδια σακούλας έχουν υιοθετηθεί στα μεσογειακά εκκολαπτήρια: η μικρότερη αναρτώμενη σακούλα και η μεγαλύτερη που τοποθετείται μέσα σε ένα κυλινδρικό πλαίσιο χαλύβδινων συρμάτων. Ο πρώτος τύπος έχει όγκο από 60l (μία σακούλα) έως 150l (δύο σακούλες ή σε σχήμα υ), ενώ η τελευταία μπορεί να φτάσει μέχρι τα 450l. Την κορυφή τους κλείνει με πλαστική κάλυψη για να αποτραπεί η μόλυνση.



Σχήμα 4.3. Σχηματική αναπαράσταση καλλιέργειας κατά ομάδες

Όλες οι μονάδες είναι εξοπλισμένες με τεχνητά φώτα, συνήθως φθορισμού, ένα σύστημα αερισμού, συχνά με μια πρόσθετη πηγή διοξειδίου του άνθρακα, και στατό για τα δοχεία καλλιέργειας, δηλ. ελαφριά ράφια για μικρούς όγκους και μεταλλικά ράφια ή συνδεδεμένα με καλώδιο πλαίσια για τις τσάντες PE.

Η μονάδα αποθηκεύει επίσης πρόσθετο εξοπλισμό για την επεξεργασία θαλασσινού νερού, όπως λεπτά φίλτρα και αποστειρωτήρες, καθώς επίσης και ένα εργαστήριο όπου οι θρεπτικές ουσίες και τα γυαλικά προετοιμάζονται και αποθηκεύονται, και που εκτελούνται οι απαραίτητες διαδικασίες ελέγχου. Για τη διατήρηση των συνθηκών υγιεινής πρέπει να ακολουθούνται αυστηρές τυποποιημένες διαδικασίες καθαρισμού (Moretti et al., 1999).

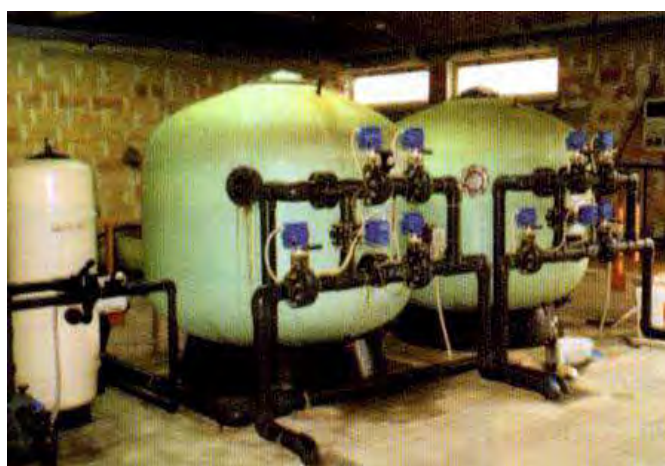
Προετοιμασία του υλικού καλλιέργειας

Στη μαζική παραγωγή πλαγκτόν, το νερό της θάλασσας είναι το μέσο όλων των δοχείων καλλιέργειας. Η χρήση άλλων μέσων όπως το άγαρ περιορίζεται στη συντήρηση των καθαρών στελεχών των φυκών. Ιδανικά, το νερό της θάλασσας πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα και ρύπους. Με αυτόν το στόχο στο μυαλό, το νερό επεξεργάζεται για να αφαιρεθούν διαλυμένα στερεά, μολυσματικοί παράγοντες και οργανισμοί και για να βελτιωθούν οι αρχικές παράμετροί του για να έχει τα ποιοτικά πρότυπα που καθορίζονται για την κατάλληλη αύξηση μικροφυκών. Αυτές οι μέθοδοι περιγράφονται κατωτέρω (Moretti et al., 1999).

Μηχανικό φιλτράρισμα

Αρχικά το θαλασσινό νερό ακολουθεί μια προεργασία κατά την οποία με τη χρήση μιας δεξαμενής καθίζησης και φίλτρου άμμου (κατακράτησης σωματιδίων 50, 10 ή 5 mm) κατακρατούνται όλα τα διαλυμένα στερεά σωματίδια και κάποιοι μικροοργανισμοί (Σχήμα 4.4). Σε αυτό το σημείο το φιλτραρισμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις περισσότερες εργασίες στο εκκολαπτήριο, με την προϋπόθεση ότι για μερικούς τομείς, όπως του φυτο- και ζωο-πλαγκτού να υποβάλλεται σε αποστείρωση με UV πριν τη χρήση. Στον τομέα ζωντανών τροφών απαιτείται

υψηλότερος βαθμός διήθησης και το προ-επεξεργασμένο νερό μικροφιλτράρεται περαιτέρω σε ένα μέγεθος 5 χιλ. για μεγάλους όγκους καλλιέργειας και 1 χιλ. για μικρούς όγκους και τις καλλιέργειες στελεχών. Μια τέτοια λεπτή διήθηση μπορεί να αφαιρέσει ακόμη και βακτηρίδια και άλλους μικροοργανισμούς, αλλά στην πραγματικότητα η ικανότητα φιλτραρίσματος δεν είναι απόλυτη και δεν μπορεί να εγγυηθεί συνολικά τέτοια αποτελέσματα, ιδιαίτερα κάτω από τις συνθήκες εργασίας στα εκκολαπτήρια. Επομένως συστήνεται να συνεχιστεί και το τελικό βήμα, η αποστείρωση του φιλτραρισμένου νερού (Moretti et al., 1999).



Σχήμα 4.4. Μηχανικό φίλτρο άμμου

Μηχανικό φιλτράρισμα

Έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές μέθοδοι αποστείρωσης νερού. Η ακόλουθη περιγραφή αναφέρεται στις πιο κοινές μεθόδους που υιοθετούνται στα εκκολαπτήρια.

Η επιλογή είναι βασισμένη στην τοπική διαθεσιμότητα εξοπλισμού και συντήρησης και εξαρτάται επίσης από τα ποσά νερού που αποστειρώνονται, τα οποία συσχετίζονται με το μέγεθος του εκκολαπτηρίου (Moretti et al., 1999).

Αποστείρωση UV (εφαρμόσιμη σε όλους τους όγκους καλλιέργειας).

Το UV με μήκος κύματος 265nm (σύντομο κύμα UV ή UV-C) έχει ισχυρή μικροβιοκτόνο επίδραση που βασίζεται στην ικανότητά του να σπάσει την έλικα του DNA. Παράγεται από λαμπτήρες ατμού υδραργύρου υψηλής ή χαμηλής πίεσης των οποίων η μικροβιοκτόνος ικανότητα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η δύναμη, η μετάδοση μέσω του θαλασσινού νερού (διαφάνεια στο UV), ο τύπος και η ποσότητα των μικροοργανισμών που καταστρέφονται, το βαθμό καθαρισμού που απαιτείται, τη ροή του νερού (χρόνος επαφής) και τη θερμοκρασία (Σχήμα 4.5)..



Σχήμα 4.5. Συμπαγής μονάδα επεξεργασίας νερού για ζωοπλαγκτόν

Για πρακτικούς λόγους, και υπό κανονικές συνθήκες εκκολαπτηρίου, μια ένταση τουλάχιστον $40\text{mJ} / \text{cm}^2$, που παρέχεται στο τέλος του κύκλου ζωής των λαμπτήρων, αφαιρεί 99% των περισσότερων ανεπιθύμητων μικροοργανισμών για την καλλιέργεια ψαριών από το νερό. Με το βοηθητικό εξοπλισμό της, αυτή η μέθοδος

είναι πολύ αποτελεσματική και εύχρηστη και δικαιολογεί πλήρως το κόστος της (Moretti et al., 1999).

Αποστείρωση με χλώριο (εφαρμόσιμη σε όλους τους όγκους καλλιέργειας).

Το ενεργό χλώριο είναι ένας ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας, διαθέσιμος στο εμπόριο ως υγρή χλωρίνη (υποχλωριώδες άλας νατρίου ή NaOCl) και ως σκόνη λεύκανσης (CaOCl₂). Το ποσοστό του ενεργού χλωρίου σε αυτές τις χημικές ουσίες πρέπει πάντα να ελεγχθεί εκ των προτέρων καθώς αλλάζει ευρέως σύμφωνα με τον παραγωγό: το εμπορικό NaOCl περιέχει συνήθως 5-15% ενεργό χλώριο, ενώ η CaOCl₂ περιέχει 60-70%.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που υιοθετείται, για την αποστείρωση του θαλασσινού νερού χρησιμοποιείται μια τελική δόση 5 έως 10 ppm ενεργού χλωρίου. Ο χρόνος επαφής μεταξύ του νερού και του χλωρίου πρέπει να είναι τουλάχιστον μία ώρα, και μετά οποιοδήποτε υπολειμματικό χλώριο πρέπει να εξουδετερώνεται μεθειοσουλφικό νάτριο, Na₂S₂O₃. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται ευρέως ως το τελικό βήμα αποστείρωσης του νερού στα μεγάλα δοχεία και του εξοπλισμού της καλλιέργειας (σωληνώσεις αέρα και οξυγόνου και διασκορπιστές, παγίδες αποβλήτων, βυθιζόμενα θερμικά σώματα) (Moretti et al., 1999).

Χρήση αυτόκαυστου (εφαρμόσιμη σε μικρούς όγκους καλλιέργειας).

Με αυτήν την μέθοδο, εφαρμόσιμη μόνο μέχρι 5-6 l ανάλογα με τη χύτρα, το νερό της θάλασσας αποστειρώνεται μαζί με τα δοχεία καλλιέργειας, συνήθως φτιαγμένα από γυαλί Pyrex, λόγω της αντίστασής τους στη θερμότητα. Η χύτρα πρέπει να λειτουργεί σε 120°C και πίεση 2 atm. Ο χρόνος αποστείρωσης κυμαίνεται από 10 λ. (φιάλες 100-μιλ.) σε 20 λ. (φιάλες 200-μιλ.) και 30 λ. (δοχεία μέχρι 5-6 l). Ο λαιμός

κάθε δοχείου πρέπει να καλύπτεται με χαλαρό πάμα αλουμινίου για να αφήνεται ο ατμός έξω κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης (Moretti et al., 1999).

Ξηρά αποστείρωση ατμού (εφαρμόσιμη σε μικρούς όγκους καλλιέργειας).

Αυτή η μέθοδος είναι σαν την προηγούμενη, αλλά η χύτρα πίεσεως αντικαθίσταται από φούρνο. Δεδομένου ότι λειτουργεί με ξηρό ατμό σε φυσιολογική πίεση, τα γυάλινα δοχεία με το νερό θερμαίνονται στους 160-170°C για 2 έως 3 ώρες. Οι διαστάσεις και τα πάματα των δοχείων που αποστειρώνονται είναι οι ίδιες που χρησιμοποιούνται για την υγρή αποστείρωση του ατμού (Moretti et al., 1999).

Εμπλουτισμός

Η εκθετική αύξηση των μικροφυκών ρυθμίζεται από τέσσερις πολύ σημαντικές παραμέτρους: φως, pH, ανάδευση και θρεπτικές ουσίες. Ενώ οι πρώτες τρεις μπορούν να ρυθμιστούν εύκολα συγκεκριμένες θρεπτικές ουσίες πρέπει να προστεθούν στο μέσο καλλιέργειας σε κατάλληλες ποσότητες.

Οι κύριες θρεπτικές ουσίες που απαιτούνται είναι άζωτο και φώσφορος, ακολουθούμενες από ιχνοστοιχεία, βιταμίνες και χηλικούς παράγοντες. Τα θρεπτικά διαλύματα προετοιμάζονται εκ των προτέρων ανάλογα με τον τύπο των φυκών που καλλιεργούνται. Με εξαίρεση των διαλυμάτων N και P, οι άλλες θρεπτικές ουσίες αποθηκεύονται ως αρχικά διαλύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να προετοιμαστούν τα διαλύματα εργασίας σύμφωνα με το καθημερινό πρόγραμμα παραγωγής. Κατά την προετοιμασία των διαλυμάτων εμπλουτισμού πρέπει να διατηρηθούν στείρες συνθήκες. Το διάλυμα βιταμινών δεν μπορεί να αποστειρωθεί επειδή η θέρμανση θα απενεργοποιήσει τις βιταμίνες.

Τα μικροφύκη που επιλέγονται για την αναπαραγωγή του λαβρακιού και της τσιπούρας συνήθως απαιτούν τα μέσα εμπλουτισμού *Chaetoceros sp.* (για διάτομα) και Guillard f/2 (Πίνακας 4.1) (Moretti et al., 1999).

Πίνακας 4-1: Χημική σύσταση μέσων εμπλουτισμού *Chaetoceros sp* και Guillard f/2 (Πηγή: Zmora and Richmond, 2007)

Item	<i>Chaetoceros sp.</i> media	Guillard's f/2 media
NaNO ₃	3.00 mg N l ⁻¹	12.35 mg N l ⁻¹
NaH ₂ PO ₄ H ₂ O	2.75 mg P l ⁻¹	1.12 mg P l ⁻¹
Na ₂ EDTA	5.53 mg EDTA l ⁻¹	5.0 mg EDTA l ⁻¹
Na ₂ SiO ₃ 9H ₂ O	10.0 mg SiO ₂ l ⁻¹	3.0 mg SiO ₂ l ⁻¹
Thiamin HCL	None	100 µg l ⁻¹
Biotin	None	0.5 µg l ⁻¹
Vitamin B ₁₂	2.75 µg l ⁻¹	0.5 µg l ⁻¹
CuSO ₄ 5H ₂ O	8.3 µg Cu l ⁻¹	2.5 µg l ⁻¹
ZnSO ₄ 7H ₂ O	None	5.0 µg Cu l ⁻¹
CoCl ₂ 6H ₂ O	None	2.5 µg Co l ⁻¹
MnCl ₂ 4H ₂ O	None	5.0 µg Mn l ⁻¹
Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	None	2.5 µg Mo l ⁻¹
FeCl ₃ 6H ₂ O	0.31 mg Fe l ⁻¹	0.65 mg Fe l ⁻¹

Αρχικά διαλύματα

Τα ιχνοστοιχεία και οι βιταμίνες προετοιμάζονται πρώτα ως συγκεντρωμένα αρχικά διαλύματα: κατά αυτόν τον τρόπο, εάν αποθηκεύονται κατάλληλα, μπορούν να διαρκέσουν αρκετούς μήνες. Τα ιχνοστοιχεία προετοιμάζονται ως τέσσερα διαφορετικά διαλύματα, με το κάθε ένα να αποθηκεύεται, όπως οι βιταμίνες, σε χωριστό δοχείο (Moretti et al., 1999).

Διαλύματα εργασίας

Τα διαλύματα εργασίας αντιπροσωπεύουν τον τρόπο προσθήκης των θρεπτικών ουσιών, τα ιχνοστοιχεία και τις βιταμίνες άμεσα στο θαλασσινό νερό (Moretti et al., 1999).

Αποστείρωση του εξοπλισμού καλλιέργειας

Όπως για το μέσο καλλιέργειας και τις θρεπτικές ουσίες, έτσι και ο εξοπλισμός πρέπει να κρατηθεί καθαρός και να απολυμανθεί για να αποτραπεί η μόλυνση (Moretti et al., 1999).

Εμπλουτισμός των δοχείων καλλιέργειας

Αυτή η διαδικασία πρέπει να γίνει σε αφιερωμένο δωμάτιο που κρατιέται καθαρό και που εξοπλίζεται με όλα τα απαραίτητα εργαλεία, τα γυαλικά και τα αναλώσιμα. Για να μειωθεί ο κίνδυνος μόλυνσης, μπορεί να εγκατασταθεί στην οροφή ένας λαμπτήρας UV για να παρέχει μικροβιοκτόνο ακτινοβολία όταν δεν είναι το δωμάτιο σε λειτουργία (Moretti et al., 1999).

Ασυνεχής καλλιέργεια μικροφυκών

Η μαζική καλλιέργεια του φυτοπλαγκτού αρχίζει από τα καθαρά στελέχη επιλεγμένων ειδών και προχωρά ανεβαίνοντας σε όγκο από το μικρό (0.5l) μέχρι τους μεγάλους όγκους στις τσάντες PE (450l) ή σε δεξαμενή (1000l και πάνω). Στην αναπαραγωγή των ψαριών, όπου δεν απαιτούνται μεγάλες ποσότητες μικροφυκών, το τελευταίο βήμα είναι οι τσάντες PE (Moretti et al., 1999).

Καλλιέργεια καθαρών στελεχών

Η καλλιέργεια καθαρών στελεχών επιλεγμένων ειδών μικροφυκών είναι η αφετηρία της διαδικασίας μαζικής παραγωγής. Η ποιότητα των στελεχών είναι επομένως ουσιαστική για οποιαδήποτε επιτυχή διαδικασία παραγωγής. Μια καλή συλλογή καθαρών στελεχών διαφορετικών φυκών πρέπει πάντα να διατηρείται σε ένα αφιερωμένο τμήμα στο εκκολαπτήριο. Αυτή η πρακτική επιτρέπει επίσης την επιλογή των καταλληλότερων στελεχών κάτω από τις τοπικές συνθήκες και σε μία δεδομένη στιγμή.

Καθαρά εγγυημένα στελέχη φυκών, καθώς επίσης και rotifers, είναι κανονικά διαθέσιμα από μερικά εργαστήρια και όργανα στην περιοχή της Μεσογείου και την Ευρώπη. Συστήνεται έντονα να ανανεώνονται τακτικά οι καλλιέργειές τους, όχι μόνο σε περίπτωση καταστροφής των καλλιεργειών, αλλά και για να ελεγχθεί η συχνά αναπόφευκτη μόλυνση ή η μείωση στην ποιότητα. Στελέχη από άλλα εκκολαπτήρια πρέπει καλύτερα να αποφεύγονται λόγω της πιθανής πτώσης στην ποιότητα και του σχετικού κινδύνου μολυσμένων στελεχών.

Τα καθαρά στελέχη φυκών κρατιούνται σε τυποποιημένο ελεγχόμενο περιβάλλον σε κλιματιζόμενα δωμάτια ή σε ειδικά σχεδιασμένους επωαστήρες, στους οποίους οι εργασίες ρουτίνας μπορούν να γίνουν υπό αυστηρό υγιεινό έλεγχο. Οι καθαρές καλλιέργειες των στελεχών κρατιούνται συνήθως σε μικρά γυάλινα δοχεία, όπως δοκιμαστικοί σωλήνες 10 έως 25 ml., ή 100 ml. ή φιάλες Erlenmeyer, που κλείνουν με αποστειρωμένο πόμα.

Οι καθαρές καλλιέργειες στελεχών πρέπει να διατηρηθούν σε ένα σταθερό ή ανενεργό στάδιο, δηλ. σε περιβαλλοντικές συνθήκες που τους επιτρέπουν να

αναπαραχθούν, αλλά να μην αυξηθούν εκθετικά σε αριθμό. Κατά αυτόν τον τρόπο, ενθαρρύνεται η σεξουαλική αναπαραγωγή τους, με συνέπεια την αύξηση της γενετικής παραλλακτικότητάς τους, και η ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών όπως άλλα είδη φυκών, βακτηρίδια και βλεφαριδωτά πρωτόζωα αποτρέπεται. Οι παράμετροι καλλιέργειας επομένως κρατιούνται κάτω από τις τιμές που υιοθετούνται για τη μαζική παραγωγή. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται μόνο η μισή δόση των θρεπτικών ουσιών, η θερμοκρασία ύδατος κρατιέται περίπου σε 14-16°C, η ένταση του φωτός κυμαίνεται από 300 (δοκιμαστικοί σωλήνες) ως 1000 Lux (φιάλες) και δεν παρέχονται κανένας αερισμός και διοξείδιο του άνθρακα.

Σε συνθήκες ρουτίνας, οι καλλιέργειες στελεχών ανανεώνονται συνήθως κάθε μήνα. Στη διαδικασία ανανέωσης, λαμβάνεται ένα έμβολο 0.1-0.2 ml (από τους δοκιμαστικούς σωλήνες) ή 0.5 έως 1 ml (από τις φιάλες Erlenmeyer) από την καλύτερη παλαιά καλλιέργεια χωρίς μόλυνση, για να εμβολιαστούν τρία νέα δοχεία του ίδιου μεγέθους για να αρχίσει ένα νέο στέλεχος (Moretti et al., 1999).



Σχήμα 4.6. Καθαρά στελέχη αποθηκευμένα κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες

Πρωτόκολλο για τον καθαρισμό των στελεχών φυκών

Ακόμη και κάτω από στείρες συνθήκες, τα καθαρά στελέχη μπορούν να μολυνθούν από άλλα είδη φυκών ή μικροοργανισμούς: σε τέτοιες περιπτώσεις πριν τη χρήση τους οι καλλιέργειες μικροφυκών πρέπει να καθαριστούν.

Για τον καθαρισμό μολυσμένων καλλιεργειών φυκών χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι: διαδοχικές αραιώσεις της αρχικής μολυσμένης καλλιέργειας, και επιλογή κυττάρων από την αρχική καλλιέργεια. Και οι δύο τεχνικές εφαρμόζονται επίσης όταν απομονώνονται νέα είδη φυκών από το περιβάλλον (Moretti et al., 1999).

Συνθήκες αύξησης της καλλιέργειας

Όπως προαναφέρθηκε, η αύξηση κατ' όγκο της παραγωγής μικροφυκών ξεκινά από μικρά δοχεία (0.5 ml) και προχωρά μέσω διάφορων βημάτων στη μαζική παραγωγή στις τσάντες PE (μέχρι 450 L). Κάθε βήμα περιλαμβάνει μια αύξηση του όγκου καλλιέργειας: όταν είναι ώριμη (δηλ.: στην εκθετική φάση), τα φύκη ενός μικρότερου όγκου θυσιάζονται για να ανανεώσουν το ίδιο δοχείο και για να εμβολιάσουν μεγαλύτερα δοχεία.

Μικρομεσαίες καλλιέργειες (0.5-10 L) μικροφυκών κρατιούνται συνήθως στα γυάλινα δοχεία με μεγάλους λαιμούς, όπως οι φιάλες Erlengmeyer ή άλλες επίπεδου πυθμένα στρογγυλές φιάλες (μπαλόνια) και νταμιτζάνες. Οι φιάλες είναι συνήθως κλειστές με ένα πώμα φτιαγμένο από αποστειρωμένο βαμβάκι ή από πλαστικό που μπορεί να αντέξει την αποστείρωση.

Όλες αυτές οι καλλιέργειες παρέχονται με ένα κατάλληλο μέσο για να υποστηριχθεί η αύξηση των φυκών (επεξεργασμένο και εμπλουτισμένο θαλασσινό νερό), με καλό αερισμό που συμπληρώνεται με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) ως

πρόσθετη πηγή άνθρακα, και ένα ισχυρό φως (Πίνακας 4.2). Κατά αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να επιτευχθεί γρήγορα η εκθετική φάση ανάπτυξης. Για να αποφευχθούν μολύνσεις και καταστροφές των καλλιέργειών πρέπει να διατηρηθούν στείρες συνθήκες (Moretti et al., 1999).

Πίνακας 4-2: Συνήθεις συνθήκες καλλιέργειας μικροφυκών στις υδατοκαλλιέργειες

<i>Παράμετρος</i>	<i>Τιμή</i>
Θερμοκρασία	20 ± 2°C
Αλατότητα	25 ως 30 ppt
Ένταση φωτός	4000 ως 8000 lux
Αερισμός	50 ως 100% του όγκου καλλιέργειας ανά λεπτό
Διοξείδιο του άνθρακα	2% του περιεχόμενου όγκου αέρα

Για πρακτικούς λόγους οι κύριες παράμετροι για τις καλλιέργειες είναι συνήθως οι ίδιες για τα διαφορετικά είδη φυκών:

Θερμοκρασία

Για λόγους μαζικής καλλιέργειας, η βέλτιστη θερμοκρασία για τα προαναφερθέντα είδη φυκών κυμαίνεται μεταξύ 20 και 24 °C. Κατά γενική ομολογία, θερμοκρασίες χαμηλότερες από 16 °C και επάνω από 27 °C θα επιβραδύνουν τα ποσοστά αύξησης, ενώ εκείνες πάνω από 30 °C είναι κανονικά θανατηφόρες. Αυτό καθιστά τον κλιματισμό των δωματίων απαραίτητο καθώς τα τεχνητά φώτα και ο αέρας από το σύστημα αερισμού μπορεί να αυξήσουν τη θερμοκρασία επικίνδυνα.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται για τα καθαρά στελέχη μόνο, όπου η αύξηση πρέπει να κρατηθεί όσο το δυνατόν πιο αργή. Δεδομένου ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν επιπτώσεις επίσης στη βακτηριακή αύξηση, οι καλλιέργειες σε μη αποστειρωμένα μέσα πρέπει να διατηρηθούν στη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία κατάλληλη για μια καλή αύξηση, για να αποτραπεί η βακτηριακή αύξηση (Moretti et al., 1999).

Αλατότητα

Στα επιλεγμένα είδη η αλατότητα δεν αντιπροσωπεύει περιοριστικό παράγοντα μέσα σε εύρος 15 έως 40 ppt (Moretti et al., 1999).

Φως

Το φως είναι η πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση και επομένως στις μαζικές καλλιέργειες τα φύκη κρατιούνται συνήθως σε συνεχές φως. Οι σωλήνες φθορισμού είναι η πιο κοινή επιλογή για την παροχή του φωτός λόγω της χαμηλής ισχύος κατανάλωσης, του χαμηλού κόστους εγκαταστάσεων και της περιορισμένης παραγωγής θερμότητάς τους έναντι των βολβών λαμπτήρων. Η κατάλληλη φασματική ποιότητα για την αύξηση των φυκών παρέχεται από το «ψυχρό λευκό» και «φωτός της ημέρας» μοντέλα, που εγκαθίστανται συχνά στους ίδιους αριθμούς. Το πιο κοινό μέγεθος σωλήνων είναι 106,7 cm με αδιάβροχες επαφές. Ακόμα και αν κάθε είδος φυκών έχει τη δικιά του προτιμώμενη ένταση φωτός για καλύτερη αύξηση, για πρακτικούς λόγους η ένταση στη μαζική καλλιέργεια κρατιέται στα 2500-8000 Lux, ενώ χρησιμοποιείται υψηλότερη ένταση στα ράφια μικρών όγκων (5000-8000 Lux) λόγω της υψηλότερης πυκνότητας των κυττάρων τους. Οι μεγάλοι όγκοι μπορούν επίσης να φωτιστούν από το φυσικό φως της ημέρας, που εισάγεται από αρκετά μεγάλα παράθυρα ή από έναν

συνεχή τοίχο γυαλιού, υπό τον όρο ότι οι καλλιέργειες δεν εκτίθενται άμεσα σε εξωτερική μόλυνση (Moretti et al., 1999).

Αερισμός

Ο αερισμός χρησιμοποιείται για να διατηρήσει την καλλιέργεια σε διάλυση, αποτρέποντας την καθίζηση των κυττάρων και την έκθεση όλων των κυττάρων στο φως. Παρέχει επίσης διοξείδιο του άνθρακα, που χρησιμοποιείται από τα φύκη κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, και παρέχει ουσιαστική σταθεροποίηση του pH. Ο αερισμός πρέπει να είναι μέτριος στις πρώτες δύο ημέρες καλλιέργειας, και κατόπιν πρέπει να αυξηθεί ρυθμίζοντάς τον σύμφωνα με την αύξηση της καλλιέργειας. Εάν ο αερισμός παράγει αφρό, είναι μια έγκαιρη προειδοποίηση προβλημάτων στην καλλιέργεια (Moretti et al., 1999).

Διοξείδιο του άνθρακα

Δεδομένου ότι το κανονικό περιεχόμενό του στον αέρα είναι χαμηλό (περ. 0.03%), το διοξείδιο του άνθρακα παρέχεται συχνά σε 2% κατ' όγκο για να βελτιστοποιήσει την αύξηση της καλλιέργειας. Χρησιμοποιούνται φιάλες CO₂ του εμπορίου, και το αέριο εγχέεται στον κύριο σωλήνα αέρα μέσω ενός διανομέα. Δεδομένου ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι βαρύτερο από τον αέρα, για να αποτραπεί η στρωματοποίηση των αερίων, ο σωλήνας κάνει μερικές προς τα επάνω και κάτω στροφές μετά από το σημείο όπου εγχέεται.

Ανάλογα με τα είδη των φυκών, την παροχή CO₂, και τον όγκο του εμβολίου, οι καλλιέργειες εργασίας φθάνουν κανονικά στην εκθετική φάση τους σε 5-7 ημέρες. Σε αυτό το σημείο, οι καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για να αρχίσουν νέες

καλλιέργειες, για να ταϊστούν rotifers είτε για να χρησιμοποιηθούν ως «πράσινο νερό» στις δεξαμενές ψαριών.

Ο όγκος του εμβολίου είναι συνήθως 15-20% του νέου όγκου. Μικρότερα ή μεγαλύτερα εμβόλια θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν ή να αυξήσουν το ποσοστό αύξησης. Στην αύξηση του όγκου καλλιέργειας, τα νέα δοχεία πρέπει να εμβολιαστούν με μια αρκετά υψηλή πυκνότητα μικροφυκών προκειμένου να εξασφαλιστεί μια ταχεία ανάπτυξη και για να περιοριστεί ο κίνδυνος μόλυνσης με διαφορετικά φύκη ή άλλους μικροοργανισμούς (πρωτόζωα, νηματώδη, μύκητες, κλπ.) (Moretti et al., 1999).

Έλεγχος των πληθυσμών των φυκών

Ένας τακτικός έλεγχος των καλλιεργειών των φυκών είναι ουσιαστικός για να αποτρέψει τις καταστροφές και για να κρατήσει τα υψηλής ποιότητας πρότυπα. Οι κύριες παράμετροι που ελέγχονται είναι: το χρώμα, η πυκνότητα, το pH και οι μολυσματικοί παράγοντες. Για παράδειγμα, μια αλλαγή στο χρώμα σε γκρίζο και ένα επίπεδο pH χαμηλότερο από 7.5 μπορούν να δείξουν υψηλό βαθμό βακτηριακής μόλυνσης. Ένα ελαφρύτερο χρώμα από το κανονικό μπορεί να αποκαλύψει ανεπαρκείς θρεπτικές ουσίες ή φτωχό φωτισμό. Εντούτοις, κατά τη διάρκεια της εποχής μέγιστης παραγωγής στα εκκολαπτήρια μια στενή παρακολούθηση των καλλιεργειών των φυκών γίνεται μετά βίας, λόγω της χρόνιας έλλειψης προσωπικού και χρόνου. Οι μαζικές καλλιέργειες ελέγχονται κανονικά με το γυμνό μάτι από το πεπειραμένο προσωπικό και οι αυστηροί έλεγχοι είναι συνήθως περιορισμένοι στα καθαρά στελέχη και τα μικρά δοχεία.

Για να παρακαμφθεί εν μέρει αυτό το πρόβλημα, το προσωπικό μπορεί να κάνει καλή προκαταρτική εργασία έξω από την εποχή μέγιστης παραγωγής, όταν δεν απορροφώνται έτσι από την παραγωγή και υπάρχει περισσότερος χρόνος. Κατόπιν οι δοκιμαστικοί κύκλοι καλλιέργειας μπορούν να ελεγχθούν με προσοχή, η αύξηση των καλλιεργειών των φυκών μπορεί να παρακολουθηθεί καθημερινά με τον υπολογισμό του αριθμού κυττάρων ανά ml με αιμοκυτόμετρο, και οι μέσες καμπύλες αύξησής τους μπορούν να σχεδιαστούν έναντι των τιμών που λαμβάνονται με χρωματόμετρο. Κατά τη διάρκεια περισσότερο πολυάσχολων ημερών, ένας χρωματομετρικός έλεγχος (που συγκρίνει τις τιμές ενάντια στις καμπύλες δοκιμής) δίνει μια γρήγορη και αξιόπιστη ένδειξη της αύξησης των καλλιεργειών των φυκών. Αυτές οι δοκιμαστικές καλλιέργειες είναι χρήσιμες για διάφορους λόγους καθώς είναι δυνατό:

- να καθοριστεί η καμπύλη αύξησης για κάθε είδος φυκών υπό τις τοπικές συνθήκες
- να επινοηθούν τα κριτήρια για τη γρήγορη ταυτοποίηση πιθανών προβλημάτων (π.χ. παρουσία αφρού, τρόπος καθίζησης, αλλαγές στο χρώμα, κ.λπ.)
- να καθοριστεί ο βέλτιστος χρόνος χρησιμοποίησης, δηλ. η ηλικία στην οποία ο πληθυσμός των μικροφυκών φθάνει στην αιχμή της εκθετικής φάσης
- να ρυθμιστούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες για να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή
- να ελεγχθούν πιθανοί μολυσματικοί παράγοντες και να δοκιμαστούν τα αντίμετρα (Moretti et al., 1999).

Μέτρηση μικροφυκών

Για τον υπολογισμό των κυττάρων των μικροφυκών μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αιμοκυτόμετρο Neubauer με διαμέτρους που κυμαίνονται από 2 έως 20 mm και πυκνότητες μέχρι 500 εκατομμύρια κύτταρα/ml (Moretti et al., 1999).

4.3 Διατροφική αξία – Καταλληλότητα λιπαρών οξέων, βιταμινών και αμινοξέων

Η θρεπτική αξία των μικροφυκών εξαρτάται κυρίως από τη χημική τους σύνθεση και την κυτταρική δομή τους, ως αποτέλεσμα της επίδρασης κυρίως των συνθηκών καλλιέργειας (Richmond 2005). Τα μικροφύκη που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια θα πρέπει να διαθέτουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, να είναι μη τοξικά και κατάλληλου μεγέθους και να έχουν εύπεπτο κυτταρικό τοίχωμα έτσι ώστε οι περιεχόμενες θρεπτικές ουσίες να δύναται πιο εύκολα διαθέσιμες στους τελικούς αποδέκτες.

Δεδομένου ότι τα ιχθυάλευρα αποτελούν μια ιδιαίτερα υψηλού κόστους πηγή πρωτεΐνης για τα ψάρια, θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από τα χαμηλού κόστους μικροφύκη. Ωστόσο, πειράματα έχουν δείξει ότι η προσέγγιση αυτή δεν είναι πάντα επιτυχής, π.χ. η περιεχόμενη πρωτεΐνη των μικροφυκών έχει βρεθεί λιγότερο αποτελεσματική από ό, τι τα ιχθυάλευρα στην βελτίωση της ανάπτυξης του κυπρίνου, αλλά πιο αποτελεσματική από τις αντίστοιχες πρωτεΐνες της σόγιας (Meske & Pfeffer, 1979).

Η χρήση των μικροφυκών κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου διατροφής των ψαριών βοηθά σημαντικά στη βελτίωση των διατροφικών συνθηκών των προνυμφών, είτε άμεσα (Moffatt, 1981) είτε έμμεσα δια της βελτιώσεως της θρεπτικής αξίας των τροχοζώων (Howell, 1979; Scott και Middleton, 1979; Lubzens, 1987). Μέχρι σήμερα, ιδιαίτερη προσοχή δίδεται στην περιεχόμενη συγκέντρωση των ω3 λιπαρών οξέων που κρίνονται απαραίτητα για τη φυσιολογική ανάπτυξη και την επιβίωση των θαλάσσιων προνυμφών των ψαριών (Watanabe, 1982; Kanazawa, 1985), συμπεριλαμβανομένων του EPA (εικοσαπενταενοϊκό οξύ, 20:5ω3) και του DHA (εικοσιδυαεξαενοϊκό οξύ, 22:6 ω - 3) (Scott και Middleton, 1979; Witt et al, 1984; Kanazawa 1985; Leger et al, 1986; Sargent et al, 1989; Koven et al, 1992). Επιπλέον, τόσο τα επίπεδα των πρωτεϊνών και των λιπιδίων στα τροχόζωα θα επηρεαστούν μέσω της κατανάλωσης των μικροφυκών (Reitan et al, 1993).

Η θρεπτική αξία των διαφορετικών ειδών μικροφυκών για έναν συγκεκριμένο οργανισμό εξαρτάται από το μέγεθος του κυττάρου, την πεπτικότητά του, την παραγωγή τοξικών ενώσεων, και την βιοχημική σύνθεση του. Τα κυριότερα βιοχημικά χαρακτηριστικά 16 ειδών μικροφυκών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-3.

Πίνακας 4-3. Κυριότερα βιοχημικά χαρακτηριστικά 16 ειδών μικροφυκών (Støttrup JG and McEvoy LA 2003).

Είδος	Ξηρό βάρος pg.cell-1	Chl a	Πρωτεΐνη	Υδατόνθρακες	Λιπίδια
Bacillariophyceae					
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	11.3	0.34	3.8	0.68	1.8
<i>Chaetoceros gracilis</i>	74.8	0.78	9	2	5.2
<i>Nitzschia closterium</i>	-	-	-	-	-
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	76.7	0.41	23	6.4	10.7
<i>Skeletonema costatum</i>	52.2	0.63	13.1	2.4	5
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	28.4	0.27	9.7	2.5	5.5
Chlorophyceae					
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	99.9	1.73	20	12.2	15
<i>Nannochloris atomus</i>	21.4	0.08	6.4	5	4.5
Cryptophyceae					
<i>Chroomonas salina</i>	122.5	0.98	35.5	11	14.5
Eustigmatophyceae					
<i>Nannochloropsis oculata</i>	6.1	0.054	2.1	0.48	1.1
Prasinophyceae					
<i>Tetraselmis chuii</i>	269	3.83	83.4	32.5	45.7
<i>Tetraselmis suecica</i>	168.2	1.63	52.1	20.2	16.8
Prymnesiophyceae					
<i>Isochrysis galbana</i>	30.5	0.3	8.8	3.9	7
<i>Isochrysis aff. galbana</i> (T-iso)	29.7	0.29	6.8	1.8	5.9
<i>Pavlova lutheri</i>	102.3	0.86	29.7	9.1	12.3
<i>Pavlova salina</i>	93.1	0.34	24.2	6.9	11.2
% Ξηρού κυτταρικού βάρους					
Bacillariophyceae					
<i>Chaetoceros calcitrans</i>		3.01	34	6	16
<i>Chaetoceros gracilis</i>		1.04	12	4.7	7.2
<i>Nitzschia closterium</i>		-	26	9.8	13
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>		0.53	30	8.4	14
<i>Skeletonema costatum</i>		1.21	25	4.6	10
<i>Thalassiosira pseudonana</i>		0.95	34	8.8	19
Chlorophyceae					
<i>Dunaliella tertiolecta</i>		1.73	20	12.2	15
<i>Nannochloris atomus</i>		0.37	30	23	21
Cryptophyceae					
<i>Chroomonas salina</i>		0.8	29	9.1	12
Eustigmatophyceae					
<i>Nannochloropsis oculata</i>		0.89	35	7.8	18
Prasinophyceae					
<i>Tetraselmis chui</i>		1.42	31	12.1	17
<i>Tetraselmis suecica</i>		0.97	31	12	10
Prymnesiophyceae					
<i>Isochrysis galbana</i>		0.98	29	12.9	23
<i>Isochrysis aff. galbana</i> (T-iso)		0.98	23	6	20
<i>Pavlova lutheri</i>		0.84	29	9	12
<i>Pavlova salina</i>		0.98	26	7.4	12

Σε ορισμένα είδη διατροφής, η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες των τροφών δύναται να μειώσει σε μεγάλο βαθμό την περιεκτικότητα σε λίπος του σώματος. Πράγματι, η διατροφική πρωτεΐνη ως κύρια πηγή μπορεί να επηρεάσει το σωματικό λίπος: η διατροφή του κυπρίνου με τρία διαφορετικά μείγματα που διαφέρουν ως προς το επίπεδο της πρωτεΐνης είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή παρόμοιων ποσοστών αποδοτικότητας των σχεδόν ταυτόσημων επιπέδων πρωτεϊνών στο σώμα των ψαριών, αλλά εκπληκτικά διαφορετικά επίπεδα λίπους. Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες όπου τα ψάρια που τρέφονταν με μικροφύκη που περιείχαν δίαιτες, παρουσίασαν πάντα χαμηλό επίπεδο περιεχόμενο λίπους στη μάζα τους (Meske & Pfeffer, 1979). Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ανά κύτταρο, θεωρείται ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την θρεπτική αξία των μικροφυκών ως ζωοτροφών στην υδατοκαλλιέργεια και οι οποίες είναι πιο ευαίσθητες στις μεσαίου βαθμού μεταβολές από ό, τι των άλλων κυτταρικών συστατικών.

4.3.1 Λιπίδια και λιπαρά οξέα

Τα λιπίδια αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικά συστατικά κυρίως κατά τα αρχικά στάδια παραγωγής των γόνων των ψαριών, που επηρεάζουν δραστικά την ωοτοκία αλλά και την ποιότητα των αβγών από ένα πλήθος διαφορετικών ειδών ψαριών. Ελαφρά έλλειψη στα ω3 ακόρεστα λιπαρά οξέα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την γονιμότητα και τα ποσοστά εκκόλαψης και διατροφής. Η ποιότητα εκτός από την ποσότητα των λιπιδίων είναι, ως εκ τούτου, πρώτιστο μέλημα για τη διατροφική αξία των μικροφυκών σε υδατοκαλλιέργειας.

Διάφορα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), που συντίθενται από τα μικροφύκη είναι σημαντικής αξίας για την ανάπτυξη των ψαριών, των γαρίδων και μαλακίων. Έλλειψη σε αυτού του είδους τα οξέα, μπορεί να προέρχεται, κατά καιρούς, από μια αδιάκριτα συνεχή χρήση των φυκών σε εκκολαπτήρια με αποτέλεσμα να φαίνεται ότι αποτελούν την κύρια αιτία των χαμηλών ποσοστών επιβίωσης που συχνά αντιμετωπίζουν.

Αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις συνθέσεις των μικροφυκών τόσο ανά κατηγορίες όσο και ως προς τα διαφορετικά είδη, η πρωτεΐνη αποτελεί πάντα το κυριότερο οργανικό συστατικό, ακολουθείται συνήθως από τα λιπίδια και εν συνέχεια από τους υδατάνθρακες. Εκφράζεται ως ποσοστό επί του ξηρού βάρους, ενώ το εύρος για το επίπεδο των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και των υδατανθράκων κυμαίνεται μεταξύ 12-35%, 7,2 - 23%, και 4,6 - 23%, αντίστοιχα.

Η συγκέντρωση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (HUFAs), ιδίως του εικοσαπενταενοϊκού οξύ (EPA) (20:5 ω3), του αραχιδονικού οξέως (AA) (20:4 ω6) και του εικοσοσιδουαεξαενοϊκού οξέως (DHA) (22:6 ω3) είναι υψηλής σημασίας κατά την διαδικασία αξιολόγησης της διατροφικής σύνθεσης ενός είδους μικροφυκών που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως ζωντανή τροφή για τους θαλάσσιους οργανισμούς. Σημαντικές συγκεντρώσεις EPA βρίσκονται συνήθως σε είδη διαφόρων διατόμων (*C. calcitrans*, *C. gracilis*, *S. costatum*, *T. pseudonana*), στα *Ευστιγματόφυτα* *Nannochloropsis spp.*, καθώς και στην *Πρασινόφυτα* *Platymonas spp.*, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις του DHA βρίσκονται στα *Πρυμνεσιόφυτα* (*Pavlova lutheri*, *Isochrysis spp.*) και το κρυπτοφύκος *Chroomonas salina*.

Μερικά PUFA της ω6 οικογένειας έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητα για πολλά θαλάσσια ζώα. Η αδυναμία αυτών των ζώων να συνθέσουν μεγάλης αλυσίδας ενώσεων PUFA 20:5 ω3 και 22:6 ω3 περιορίζει την ανάπτυξή τους; Ως αποτέλεσμα, τα ω3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα απαιτούνται στη διατροφή τους. Παρόμοιες απαιτήσεις υφίστανται για την ανάπτυξη και την μεταμόρφωση πολλών ειδών ιχθυονυμφών στις υδατοκαλλιέργειες. Τα τρία κυριότερα λιπαρά οξέα που περιλαμβάνονται είναι τα εξής: 20:4 ω6, 20:5 ω3 και 22:6 ω3). Μικρότερης αλυσίδας οξέα, π.χ. 18:3 ω6 και 18:3 ω3, είναι αποτελεσματικά για την ικανοποιητική επιβίωση και την ανάπτυξη ορισμένων ζώων, ιδιαίτερα διθύρων. Η παρουσία των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων C-20 και C-22 στη διατροφή των ψαριών, ωστόσο, αυξάνει σημαντικά την ανάπτυξη και τα ποσοστά επιβίωσης τους. Ως εκ τούτου, η αναζήτηση για την βελτιστοποίηση της διατροφής ψαριών με χρήση μικροφυκών στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας έχει οδηγήσει στην αναζήτηση ειδών πλούσια σε 20:5 ω3 και 22:6 ω3 λιπαρά οξέα. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι ορισμένες τουλάχιστον δίθυρα απαιτούν δίαιτες πλούσιες σε ω6 λιπαρά οξέα, όπως το 18:2 ω6 λινολεϊκό οξύ.

Τα λίπη αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τον οργανισμό, αφού η οξείδωση τους λίπους αποδίδει στον οργανισμό 9 θερμίδες/g σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες που αποδίδουν 4 θερμίδες/g. Για αυτό υπάρχει και ο μηχανισμός αποθήκευσης λίπους στο σώμα μας, για να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη. Εξάλλου τόσο οι υδατάνθρακες όσο και οι πρωτεΐνες μπορούν να μεταβολιστούν σε λίπη, όταν βρίσκονται σε περίσσεια. Αποθηκεύονται στη συνέχεια ως υποδόριο λίπος κάτω από το δέρμα σε διάφορα μέρη του σώματος. Τα λίπη πρέπει να αποτελούν το 25-35% των καθημερινών ενεργειακών μας προσλήψεων (Lees & Karel, 1990). Στον αντίποδα, τα τελευταία χρόνια περιλαμβάνονται στη διατροφή του

δυτικού κόσμου, τα $\omega 3$ και $\omega 6$ λιπαρά οξέα σύμφωνα με τις τρέχουσες διαιτητικές συμβουλές.

4.3.2 Βιταμίνες και αμινοξέα

Η περιεχόμενη σύσταση σε βιταμίνες μπορεί να διαφέρει μεταξύ των μικροφυκών. Το ασκορβικό οξύ παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μεταβολή, ήτοι κατά 16 φορές (1 έως 16 mg g⁻¹ ξηρού βάρους) (Brown και Miller, 1992). Οι συγκεντρώσεις των άλλων βιταμινών συνήθως παρουσιάζουν δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ τους, ήτοι, β-καροτίνη 0,5 έως 1,1 mg g⁻¹, νιασίνη 0,11 έως 0,47 mg g⁻¹, α-τοκοφερόλη 0,07 έως 0,29 mg g⁻¹, θειαμίνης 29 έως 109 mg g⁻¹, ριβοφλαβίνη 25 έως 50 mg g⁻¹, παντοθενικό οξύ 14 έως 38 mg g⁻¹, φυλλικού οξέος 17 έως 24 mg g⁻¹, πυριδοξίνη 3,6 έως 17 mg g⁻¹, κυανοκοβαλαμίνη 1.8 - 7.4 mg g⁻¹, βιοτίνη 1.1 έως 1.9 mg g⁻¹, ρετινόλη $\leq 2,2$ mg g⁻¹ και βιταμίνης D <0,45 mg g⁻¹ (Brown et al., 1999). Για να τεθεί η περιεκτικότητα σε βιταμίνες των μικροφυκών στο πλαίσιο αυτό, τα δεδομένα θα πρέπει να συγκριθούν με τις διατροφικές απαιτήσεις των ζωικών καταναλωτών.

Η σύσταση των αμινοξέων της πρωτεΐνης των μικροφυκών παρουσιάζει σχεδόν ίδια χαρακτηριστικά μεταξύ των διαφορετικών ειδών (Brown 1991) και συνήθως δεν επηρεάζεται από τη φάση της ανάπτυξης και τις συνθήκες φωτισμού (Brown et al. 1993). Χαρακτηριστικό παράδειγμα της σχεδόν ταυτόσημης σύνθεσης των κυριότερων αμινοξέων στα μικροφύκη με την αντίστοιχη της πρωτεΐνης σε προνύμφες στρειδιών *C. gigas* παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-4.

Πίνακας 4-4. Συγκριτικά χαρακτηριστικά συστάσεων αμινοξέων διαφόρων μικροφυκών με τις προνύμφες στρειδιών *C.gigas*.

Amino acid	Eustigmatophyceae		Prasinophyceae			Prymnesiophyceae		
	N.ocularata (T-iso)	T. chui	T. suecica	T-ISO		P.Lutheri	P.Salina	C.gigas
Essential								
Arginine	7.3	13.5	13.2	7.2	7.4	8.4	8.2	7.5
Histidine	2.1	1.8	1.8	2.1	2	2	1.5	1.7
Isoleucine	4.8	3.5	3.5	4.8	4.6	4.9	4.4	4.4
Leucine	7.8	7.5	8.9	8.7	8.7	8.1	9	6.9
Lysine	6.1	5.7	6	6.2	6	5.6	6.2	8.2
Methionine	1.6	1.9	2.3	2.1	2.6	3.2	1.5	1.3
Phenylalanine	6.2	5.4	5.9	6.3	6.2	6.6	6	5.2
Proline	9.3	5.1	4.7	5.7	5.9	5.7	5.1	4.4
Threonine	5.5	4.2	4.1	5.2	4.5	4.3	5.2	5.1
Tryptophan	1.6	1	1.2	1.3	1.6	1.5	0.86	1.6
Valine	6.5	5.8	5.7	6.2	6.1	6.7	6.1	5.4
Non-essential								
Alanine	7.4	6.8	6.9	8.1	7.7	7.8	8.3	5.6
Aspartate	7.6	9.4	8.9	8.4	8.6	8.5	8.8	10
Cystine	0.41	0.57	0.65	0.55	0.47	0.49	0.47	0.72
Glutamate	10.1	12.4	11.2	10.4	10.6	9.7	11.2	12.2
Glycine	5.5	5.9	5.9	5.8	6	5.7	6.1	9.1
Hydroxy-	0.05	0.2	0.18	0.23	1	0.5	1	0.14

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει ότι η μεταβολή της ποιότητας της πρωτεΐνης δεν αποτελεί παράγοντα που να συμβάλλει στις διαφορές της θρεπτικής αξία των ειδών μικροφυκών.

Κεφάλαιο 5 Μεθοδολογική προσέγγιση

5.1 Γενικά

Δεδομένης της έλλειψης μιας συστηματικής σύγχρονης καταγραφής των στοιχείων που αφορούν την χρήση μικροφυκών ως πρωτογενή και δευτερογενή τροφή σε υδατοκαλλιέργειες στον Ελλαδικό χώρο, κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης Βάσης Δεδομένων που να επιτρέπει την καταχώρηση και επεξεργασία νέων και παλαιών δεδομένων. Πρόκειται για ένα σχεσιακό σύστημα Διαχείρισης δεδομένων με καταχώρηση σε λογιστικά φύλλα (xls μορφή).

5.2 Δημιουργία βάσης δεδομένων

Μια βάση δεδομένων σε υπολογιστικό περιβάλλον είναι το αντίστοιχο μιας οργανωμένης λίστας πληροφοριών. Η λίστα αυτή δύναται να οργανωθεί σε ένα πίνακα γραμμών και στηλών, που ονομάζονται εγγραφές και πεδία αντίστοιχα, σύμφωνα με την ορολογία των βάσεων δεδομένων. Το πρώτο βήμα στην δημιουργία της ψηφιακής βάσης δεδομένων στην παρούσα εργασία, έγκειται στην ανεύρεση επιστημονικών άρθρων που έχουν δημοσιευθεί σε έγκριτα διεθνή επιστημονικά περιοδικά του συναφούς αντικειμένου για την τελευταία δεκαετία. Αφού καθορίστηκαν οι συγκεκριμένες απαιτήσεις, λαμβάνοντας υπόψη και αντίστοιχες εφαρμογές σε διεθνές

επίπεδο (www.algaebase.org) , σχεδιάστηκε η βάση δεδομένων, η οποία θα έπρεπε να περιέχει τα παρακάτω στοιχεία δεδομένων:

- i) Άθροισμα, Κλάση, Τάξη, Είδος στελεχών φυτοπλαγκτού
- ii) Συνθήκες καλλιέργειας (Μέσο εμπλουτισμού, είδος καλλιέργειας κ.α)
- iii) Χημικά χαρακτηριστικά (συγκεντρώσεις λιπαρών οξέων, αμινοξέων, τέφρας, οργανικής ουσίας, ξηρού βάρους, λιπιδίων κ.α)

Το ευρετήριο που χρησιμοποιήθηκε για την ανεύρεση της αντίστοιχης βιβλιογραφίας ήταν η βιβλιογραφική βάση δεδομένων Scopus του Elsevier. Μετά την παραπάνω ανάλυση «επί χάρτου», αποφασίστηκε η υλοποίηση χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα MS Excel και γιατί είναι διαθέσιμο σχεδόν σε όλους τους χρήστες, αλλά και περισσότερο γιατί με αυτό τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα εμφάνισης πλήθους δεδομένων στο ίδιο περιβάλλον με άλλες εφαρμογές (off –desktop utilities).

Οι κυριότερες απαιτήσεις που τέθηκαν κατά τον σχεδιασμό της ψηφιακής βάσης δεδομένων περιελάμβαναν τα εξής:

1. Να εκτελείται σε διάφορες πλατφόρμες και λειτουργικά συστήματα.
2. Να χρησιμοποιεί το διαδίκτυο, ούτως ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμη.
3. Να είναι φιλικό προς τον χρήστη.
4. Να βοηθά τους χρήστες να επιλέγουν σωστά κριτήρια έρευνας.
5. Να ελαχιστοποιεί τα λάθη των χρηστών,
6. Να βοηθά τους χρήστες να μην «χάνονται» κατά την πλοήγησή τους
7. Να χρησιμοποιούνται σαφείς επεξηγήσεις και λίγες οθόνες.

5.3 Παρουσίαση βάσης δεδομένων - Αποτελέσματα

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά σε μορφή spreadsheet τα κυριότερα είδη στελεχών φυτοπλαγκτού που καταγράφηκαν την τελευταία δεκαετία στις Μεσογειακές Υδατοκαλλιέργειες και τα οποία αποτέλεσαν τα πρωτογενή στοιχεία της βάσης δεδομένων (Πίνακας 5.1). Συνολικά 43 είδη μικροφυκών καταχωρήθηκαν στη βάση δεδομένων.

Πίνακας 5.1. Κυριότερα είδη στελεχών φυτοπλαγκτού που καταγράφηκαν την τελευταία δεκαετία στις Μεσογειακές Υδατοκαλλιέργειες

PR_ID	SEC_ID	Αθροισμα						
10001	100010	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Phaeodactylum tricornutum	ND	670	Atalah et.al., 2007	
10001	100011	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Phaeodactylum tricornutum	ND	670	Susana Rivero-Rodrigu	
10001	100012	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Navicula cf. perminuta	ND		Hubbard poster	
10001	100013	Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Thalassiosira oceanica	ND		Hubbard poster	
10002	100021	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R1-1	315/511,513	Tzovenis et.al., 2009	
10002	100022	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R1-2	315/511,513	Tzovenis et.al., 2009	
10002	100023	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R1-3	315/511,513	Tzovenis et.al., 2009	
10002	100024	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R9-2	315/511,513	Tzovenis et.al., 2009	
10002	100025	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R9-3	315/511,513	Tzovenis et.al., 2009	
10002	100026	Chlorophyta	Chlorophyceae	Nannochloropsis sp.	ND	588	Rodolfi et.a., 2003	
10002	100027	Chlorophyta	Prasinophyceae	Pyramimonas sp.	R2-2		Tzovenis et.al., 2009	
10002	100028	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Stichococcus minor	ND		Hubbard poster	
10002	100029	Chlorophyta	Chlorophyceae	Tetraselmis suecica (Kyllin)	ND	305	Fabregas et.al., 2001	
10002	1000211	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis chuii	ND		Makridis et.al., 2006	
10002	1000212	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorella minutissima	ND		Makridis et.al., 2007	
10002	1000213	Chlorophyta	Chlorophyceae	Dunaliella sp.	ND		Hubbard poster	
10003	100031	Chrysophyta	Chrysophyceae	Ochromonas sp.	ND		Hubbard poster	
10003	100032	Chrysophyta	Dictyochophyceae	Rhizochromulina cf. marina	ND		Hubbard poster	
10003	100033	Chrysophyta	Pelagophyceae	Pelagococcus sp.	ND		Hubbard poster	
10003	100034	Chrysophyta	Pelagophyceae	Pelagomonas calceolata	ND		Hubbard poster	
10003	100035	Chrysophyta	Pelagophyceae	Sarcinochrysis marina	ND		Hubbard poster	
10004	100041	Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptocodium cohnii	ND		Atalah et.al., 2007	
10004	100042	Cryptophyta	Cryptophyceae	Chroomonas sp.	ND		Hubbard poster	
10004	100043	Cryptophyta	Cryptophyceae	Chroomonas pauciplastida	ND		Hubbard poster	
10004	100044	Cryptophyta	Cryptophyceae	Hemiselmis sp.	ND		Hubbard poster	
10004	100045	Cryptophyta	Cryptophyceae	Proteomonas sulcata	ND		Hubbard poster	
10004	100046	Cryptophyta	Cryptophyceae	Rhodomonas lens	ND		Hubbard poster	
10005	100051	Cyanophyta	Cyanophyceae	Prochlorococcus marina	ND		Patil et.al., 2007	
10006	100061	Euglenophyta	Euglenophyceae	Eutreptia sp.	ND		Hubbard poster	
10007	100071	Eustigmatophyta	Eustigmatophyceae	Nannochloropsis gaditana	MFD-2		Ferreira et.al., 2009	
10007	100072	Eustigmatophyta	Eustigmatophyceae	Nannochloropsis oculata	ND	663	Hubbard poster	
10008	100081	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Pavlopa sp.	AC 250		Ponis et.al., 2006	
10008	100082	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Pavlopa sp.	AC 248		Ponis et.al., 2006	
10008	100083	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Pavlopa sp.	AC 538		Ponis et.al., 2007	
10008	100084	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Pavlopa pinguis	AC 96		Ponis et.al., 2008	
10008	100085	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Pavlopa sp.	AC 251		Ponis et.al., 2009	
10008	100086	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Rebecca salina	AC 87		Ponis et.al., 2010	
10008	100087	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Isochrysis galbana	ND		Tzovenis et.al., 2004	
10008	100088	Haptophyta	Prymnesiophyceae	Isochrysis aff. galbana (T-ISO)	ND		Tzovenis et.al., 2003	
10009	100090	Rhodophyta	Rhodophyceae	Porphyridium cruentum	ND		Patil et.al., 2007	
10009	100091	Rhodophyta	Rhodophyceae	Schyzotrychium	ND		Hubbard poster	
10009	100092	Rhodophyta	Rhodophyceae	Rhodomonas salina	ND			

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η εισαγωγή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε δύο αριθμούς αναφοράς ID, πρωτεύον (primary) και δευτερεύον (secondary) με σκοπό την ταξινόμηση των στοιχείων ανά κλάση. Τα κυριότερα είδη στελεχών φυτοπλαγκτού που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή τροφής για τις μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες περιλαμβάνουν κυρίως είδη από τα αθροίσματα των Χλωρόφυτων (*Tetraselmis sp.*, *Nannochloropsis sp.*, *Tetraselmis suecica* (Kylin), *Tetraselmis chuii*, *Chlorella minutissima*, *Dunaliella sp.*, *Pyramimonas sp.*, *Stichococcus minor*, *Chlorella minutissima*), Απτόφυτων (*Pavlova sp.*, *Rebecca salina*, *Isochrysis galbana*, *Isochrysis aff. galbana* (T-ISO), *Pavlova pinguis*), Κρυτόφυτων (*Cryptocodium cohnii*, *Chroomonas sp.*, *Chroomonas pauciplastida*, *Hemiselmis sp.*, *Proteomonas sulcata*, *Rhodomonas lens*), Χρυσόφυτων (*Ochromonas sp.*, *Rhizochromulina cf. marina*, *Pelagococcus sp.*, *Pelagomonas calceolata*, *Sarcinochrysis marina*), Πυρρόφυτων (*Amphidinium sp.*, *Prorocentrum minimum*,) και Διατόμων (*Phaeodactylum tricornutum*, *Navicula cf. perminut*, *Thalassiosira oceanica*).

Η κεντρική οθόνη της βάσης δεδομένων αποτελείται από 6 επί μέρους πίνακες ανάλογα με το είδος των πληροφοριών που παρέχουν στον χρήστη (Σχήμα 5.1).

PR_ID	SEC_ID	Ονομασία	Κλάση	Ταξί	Τριλίνας	PCC Code	Author First	Reference_ID	Παρ.
10001	100010	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Phaeodactylum tricornutum	ND	670	Atalah et.al., 2007	SP3	Sea
10001	100011	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Phaeodactylum tricornutum	ND	670	Susana Rivero-Rodriguez	UK1	Juve
10001	100012	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Navicula cf. perminuta	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10001	100013	Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Thalassiosira oceanica	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10002	100021	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R1-1	315-511,513	Tzovenis et.al., 2009	GR1	Rotif
10002	100022	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R1-2	315-511,513	Tzovenis et.al., 2009	GR1	Rotif
10002	100023	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R1-3	315-511,513	Tzovenis et.al., 2009	GR1	Rotif
10002	100024	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R9-2	315-511,513	Tzovenis et.al., 2009	GR1	Rotif
10002	100025	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis sp.	R9-3	315-511,513	Tzovenis et.al., 2009	GR1	Rotif
10002	100026	Chlorophyta	Chlorophyceae	Nannochloropsis sp.	ND	588	Rodolfi et.al., 2003	IT1	Gre
10002	100027	Chlorophyta	Prasinophyceae	Pyramimonas sp.	R2-2		Tzovenis et.al., 2009	GR1	Rotif
10002	100028	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Stichococcus minor	ND		Hubbard poster	AUS1	Gre
10002	100029	Chlorophyta	Chlorophyceae	Tetraselmis suecica (Kytlin)	ND	305	Fabregas et.al., 2001	SP2	Rotif
10002	1000211	Chlorophyta	Prasinophyceae	Tetraselmis chunii	ND		Makridis et.al., 2006	GR2	Arte
10002	1000212	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorella minutissima	ND		Makridis et.al., 2007	GR2	Arte
10002	1000213	Chlorophyta	Chlorophyceae	Dunaliella sp.	ND		Hubbard poster	AUS1	Gre
10003	100031	Chrysophyta	Chrysophyceae	Ochromonas sp.	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10003	100032	Chrysophyta	Dictyochophyceae	Rhizochromulina cf. marina	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10003	100033	Chrysophyta	Pelagophyceae	Pelagococcus sp.	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10003	100034	Chrysophyta	Pelagophyceae	Pelagomonas calceolata	ND		Hubbard poster	AUS1	Gre
10003	100035	Chrysophyta	Pelagophyceae	Sarcinochrysis marina	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10004	100041	Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptocodinium colnii	ND		Atalah et.al., 2007	SP3	Sea
10004	100042	Cryptophyta	Cryptophyceae	Chroomonas sp.	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10004	100043	Cryptophyta	Cryptophyceae	Chroomonas pauciplastida	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10004	100044	Cryptophyta	Cryptophyceae	Hemiselmis sp.	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10004	100045	Cryptophyta	Cryptophyceae	Protomonas sulcata	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10004	100046	Cryptophyta	Cryptophyceae	Rhodomonas lens	ND		Hubbard poster	AUS1	Rotif
10005	100051	Cyanophyta	Cyanophyceae	Prochlorococcus marina	ND		Patil et.al., 2007	NOR1	Rotif
10006	100061	Euglenozoa	Euglenozoa	Eutreptia sp.	ND		Hubbard poster	AUS1	

Σχήμα 5.1. Κεντρική οθόνη βάσης δεδομένων στελεχών φυτοπλαγκτού

Το πρώτο panel (ονομασία-φυτοπλαγκτόν) παρέχει πληροφορίες στον χρήστη σχετικά με την ταξινόμηση των στελεχών που καταγράφηκαν, την πρωτογενή πηγή από την οποία προήλθαν και τον σκοπό που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες (*Artemia*, rotifers, green waters κ.α). Στο δεύτερο πίνακα (Γενικά Χαρακτηριστικά) παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία ως προς τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας των στελεχών, ανώτερη-κατώτερη θερμοκρασία, μέσο εμπλουτισμού κ.α) ενώ στους υπόλοιπους 3 πίνακες πραγματοποιείται διεξοδική παρουσίαση της διατροφικής αξίας των καταγεγραμμένων στελεχών. Συγκεκριμένα, στον τρίτο πίνακα (ονομασία-Διατροφική αξία) παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία των στελεχών αναφορικά με το περιεχόμενο τους σε λιπαρά οξέα (κορεσμένα, κ.α) ενώ στο τέταρτο πίνακα (ονομασία-

Διατροφική αξία (2)) παρουσιάζονται αντίστοιχα στοιχεία των στελεχών αναφορικά με το περιεχόμενό τους σε αμινοξέα.

PR_ID	SEC_ID	Τεση	Στίλιχος	Fatty Acid (1)	14:0	15:0	16:0	18:0	Fatty Acid (2)	14:1	16:1n-7	16:1n-9	18:1
10001	100010	Phaeodactylum tricornutum	ND	SFA					MUFA				
10001	100011	Phaeodactylum tricornutum	ND	SFA	5.9	0.2		11.8	0.3	MUFA	ND	16.1	0.1
10001	100012	Navicula cf. perminuta	ND	SFA						MUFA			
10001	100013	Thalassiosira oceanica	ND	SFA	5.5	0.6		13.7	0.5	MUFA	27		
10002	100021	Tetraselmis spp.	R1-1	SFA	0.47	0.07		21.65	0.34	MUFA	0.52	2.15	1.53
10002	100022	Tetraselmis spp.	R1-2	SFA	0.2	0		24.51	0.42	MUFA	0.32	0.48	1.16
10002	100023	Tetraselmis spp.	R1-3	SFA	0.19	0		25.23	0.3	MUFA	0.27	0.67	1.25
10002	100024	Tetraselmis spp.	R9-2	SFA	0.83	0.05		29.5	2.13	MUFA	0.17	1.33	3
10002	100025	Tetraselmis spp.	R9-3	SFA	0.24	0		28.1	1.19	MUFA	0.31	0.54	3.18
10002	100026	Nannochloropsis sp.	ND	SFA	ND	ND		ND	ND	MUFA	ND	ND	ND
10002	100027	Pyramimonas sp.	R2-2	SFA	0.39	0.17		16.92	0.73	MUFA	0.5	5.67	0.99
10002	100028	Stichococcus minor	ND	SFA						MUFA			
10002	100029	Tetraselmis suecica (Kyllin)	ND	SFA	0.9	ND		18.99	0.7	MUFA	ND	ND	ND
10002	1000211	Tetraselmis chuii	ND	SFA						MUFA			
10002	1000212	Chlorella minutissima	ND	SFA						MUFA			
10002	1000213	Dunaliella sp.	ND	SFA	ND	ND		24.15-24.17	2.45-2.88	MUFA	ND	ND	ND 10.91
10003	100031	Ochromonas sp.	ND	SFA	<1			2.84	<1	MUFA		2.77	
10003	100032	Rhizochromulina cf. marina	ND	SFA						MUFA			
10003	100033	Pelagococcus sp.	ND	SFA						MUFA			
10003	100034	Pelagomonas calceolata	ND	SFA						MUFA			
10003	100035	Sarcinochrysis marina	ND	SFA						MUFA			
10004	100041	Cryptocodinium colvii	ND	SFA						MUFA			
10004	100042	Chroomonas sp.	ND	SFA						MUFA			
10004	100043	Chroomonas pauciplasida	ND	SFA						MUFA			
10004	100044	Hemiselmis sp.	ND	SFA						MUFA			
10004	100045	Prorocentrum salcata	ND	SFA						MUFA			
10004	100046	Rhodomonas lens	ND	SFA						MUFA			
10005	100051	Prorocentrum marino	ND	SFA						MUFA			
10006	100061	Heterosira sp.	ND	SFA						MUFA			

Σχήμα 5.2. Απεικόνιση τρίτου πίνακα (ονομασία-Διατροφική αξία) της βάσης δεδομένων

Στον πέμπτο πίνακα (ονομασία-Διατροφική αξία (3)) καταγράφονται αναλυτικά στοιχεία που αφορούν βιοχημικά χαρακτηριστικά των στελεχών του φυτοπλαγκτού, ήτοι περιεχόμενο ποσοστό τέφρας, οργανικής ουσίας, ξηρού βάρους, λιπιδίων κ.α (Σχήμα 5.3).

PR_ID	SFC_ID	Τύπος	Τίτλος	Βρύζος	Dry weight (µg cell-1)	Ash (% dry weight)	Proteins (% organic matter)	Carbohydrates (%)	Lipids (% OF)
1	10001	100010	Phaeodactylum tricornutum	ND					
2	10001	100011	Phaeodactylum tricornutum	ND				35.2	32
3	10001	100012	Navicula cf. perminuta						
4	10001	100013	Thalassiosira oceanica						
5	10002	100021	Tetraselmis spp.	R1-1	133.99	14.34	64.97	30.39	7
6	10002	100022	Tetraselmis spp.	R1-2	172.46	18.58	47.72	26.35	7
7	10002	100023	Tetraselmis spp.	R1-3	143.42	19.94	45.37	43.85	7
8	10002	100024	Tetraselmis spp.	R9-2	174.86	11.31	34.58	38.21	9
9	10002	100025	Tetraselmis spp.	R9-3	183.1	11.82	40.9	45.4	7
10	10002	100026	Nannochloropsis sp.						
11	10002	100027	Pyramimonas sp.	R2-2	32.8	2.99	59.17	34.29	
12	10002	100028	Stichococcus minor						
13	10002	100029	Tetraselmis suecica (Kyllin)	ND					
14	10002	1000211	Tetraselmis chuii	ND					
15	10002	1000212	Chlorella minutissima	ND					
16	10002	1000213	Dunaliella sp.	ND					
17	10003	100031							3.35-3
18	10004	100041	Cryptocodinium cohnii	ND					
19	10004	100042	Chroocomonas sp.	ND					
20	10004	100043	Chroocomonas pauciplastida	ND					
21	10004	100044	Hemiselmis sp.	ND					
22	10004	100045	Proteomonas sulcata	ND					
23	10004	100046	Rhodomonas lens	ND					
24	10005	100051	Prochlorococcus marina	ND					
25	10006	100061	Eutreptia sp.	ND					
26	10007	100071	Nannochloropsis gaditana	MF0-2					
27	10007	100072	Nannochloropsis oculata	ND	14.8	6.9	54.3	30.2	1
28	10008	100081	Pavlova sp.	AC 250					
29	10008	100082	Pavlova sp.	AC 248	28.8	13.5	41.3	29.5	2

Σχήμα 5.3. Απεικόνιση πέμπτου πίνακα (ονομασία-Διατροφική αξία (2)) της βάσης δεδομένων

Τέλος, στον έκτο πίνακα (ονομασία-Αναφορές) παρέχονται πληροφορίες στον χρήστη για την βιβλιογραφία των άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν ανά στέλεχος, ήτοι τους συγγραφείς του κάθε άρθρου, τον τίτλο του άρθρου και το περιοδικό που πραγματοποιήθηκε η δημοσίευση, καθώς και το έτος δημοσίευσης, τον τόμο και τις σελίδες του περιοδικού (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.2. Αναλυτική παρουσίαση βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε για την βάση δεδομένων

Ref_ID	Συγγραφάας (εις)	Έτος	Τίτλος	Πηγή
GR1	Tzovenis, I., Fountoulaki, E., Dolapsakis, N., Kotzamanis, Y., Nengas, Y., Bitis, I., Cladas Y., Economou-Amilli, A.	2009	Screening for marine nanoplanktic microalgae from Greekcoastal lagoons (Ionian Sea) for use in mariculture.	J.Appl.Phycol. 21, 457-469.
GR2	Makridis, P., Alves Costa, R. and M.T. Dinis	2006	Microbial conditions and antimicrobial activity in cultures of two microalgae species, Tetraselmis chuii and Chlorella minutissima, and effect on bacterial load of enriched Artemia meta-nauplii.	Aquaculture 255: 76-81.
GR3	Tzovenis I, De Pauw N, Sorgeloos P.,	2003	Optimisation of T-ISO biomass-production rich in essential fatty acids. II: Effect of different light regimes on the production of fatty acids.	Aquaculture. 216 : 223-242.
GR4	Tzovenis, I., Triantafyllidis, G., Naihong, X., Chatzinikolaou, E., Papadopoulou, K., Xouri, G. & Tafas, T.	2004	Cryopreservation of marine microalgae and potential toxicity of cryoprotectants to the primary steps of the aquacultural food chain.	Aquaculture. 230 : 457-473.
IT1	Rodolfi, L., Zittelli, G. C., Barsanti, L., Rosati, G. & Tredici, M. R.	2003	Growth medium recycling in Nannochloropsis sp. Mass cultivation	Biomol. Eng. 20: 243–248.
UK1	Rivero-Rodríguez, S., A. R. Beaumont, and M. C. Lora-Vilchis.	2007	The effect of microalgal diets on growth, biochemical composition, and fatty acid profile of Crassostrea corteziensis (Hertlein) juveniles	Aquaculture 263:199–210
SP1	Ferreira M, Coutinho P, Seixas P, Fábregas J, Otero A.	2009	Enriching Rotifers with “Premium” Microalgae Nannochloropsis gaditana.	Mar. Biotechnol. 11:585–595.
SP2	Fa´bregas J, Otero A, Domi´nguez A, Patino M	2001	Growth rate of the microalga Tetraselmis suecica	Marin Biotechnol 3: 256–263.
SP3	Atalah E, Hernández Cruz CM, Izquierdo MS, Rosenlund G, Caballero MJ, Valencia A, Robaina L	2007	Two microalgae Crypthecodinium cohnii and Phaeodactylum tricornutum as alternative source of essential fatty acids in starter feeds for seabream (Sparus aurata).	Aquaculture 270:178–185
FR1	Probert, I & Fresnel, J.	2007	<i>Prymnesium lepaillurii</i> sp. nov. (Prymnesiophyceae), a new littoral flagellate from the Mediterranean Sea.	<i>European Journal of Phycology</i> 42: 289-294.
FR2	Ponis, E., Probert, I., Ve´ronb,	2007	Nutritional value of six	Aquaculture 254:

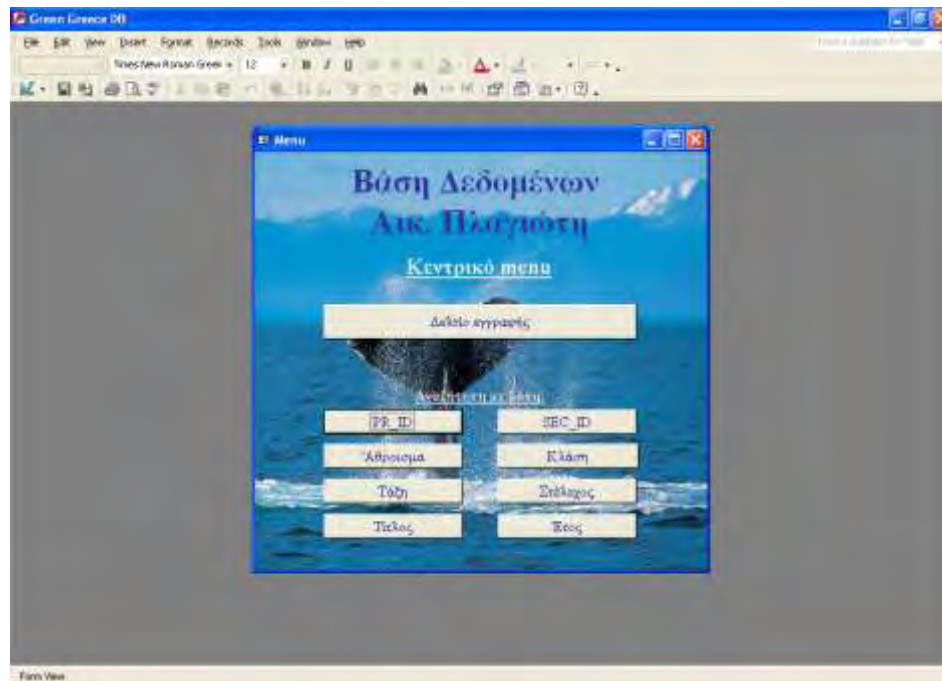
	B., Le Cozd, J. R., Mathieub, M. & Robert, R.		Pavlovophyceae for Crassostrea gigas	544-553.
NOR1	Patil,V., T. Kallqvist, E. Olsen, G. Vogt and H.R. Gislerod	2007	Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed,	Aquaculture Int 15:1–9.
AUS1	Hubbard poster		fishanatomy.net/Hubbard%20Algal%20Poster.pdf	

5.4 Αξιοποίηση βάσης δεδομένων

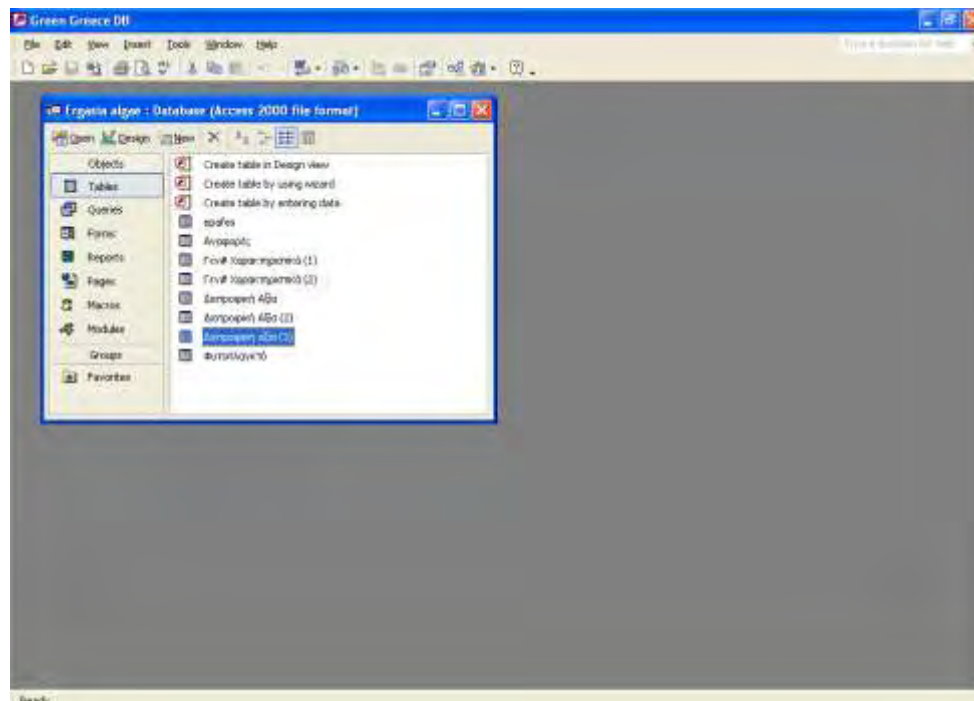
Η βοήθεια των εργαλείων προγραμματισμού, μετατροπής και διαχείρισης βάσεων δεδομένων, δύναται να οδηγήσουν στη δημιουργία μιας νέας μορφής βάσης δεδομένων (πιο φιλικής προς τον χρήστη π.χ Access ή mySQL) ή ακόμα και μιας ιστοσελίδας (web page σε html μορφή) μέσω της οποίας μπορούν να παρουσιαστούν όλα εκείνα τα αποτελέσματα που χρειάζεται κάποιος για να κατανοήσει τη σημασία της Βάσης Δεδομένων και να την χρησιμοποιήσει από διαφορετικά σημεία πρόσβασης.

Η βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε με χρήση του MS-EXCEL μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση εισαγωγής δεδομένων, υπό μορφή πινάκων, σε δευτερογενή προγράμματα όπως π.χ. είναι η βάση δεδομένων MS ACCESS. Για το λόγο αυτό, η βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε στην παρούσα εργασία παρέχει τα δεδομένα με χρήση ταξινόμησης ID. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται τυπικό παράδειγμα μετατροπής της βάσης δεδομένων MS-EXCEL σε MS ACCESS (Σχήμα 5.4 α, β)

α)



β)



Σχήμα 5.4. α) Απεικόνιση κεντρικής οθόνης τυπικής βάσης δεδομένων σε MS ACCESS
β) Εισαγωγή δεδομένων από MS-EXCEL υπό μορφή πινάκων.

Κεφάλαιο 6 Θέματα προς περαιτέρω διερεύνηση

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας εγέρθηκαν κάποιες σκέψεις και διάφορα ερωτήματα, η επίλυση των οποίων ενδεχομένως θα συμβάλει στην ολοκληρωμένη καταγραφή και ευρύτερη ψηφιακή διαχείριση των στελεχών του φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιείται στις υδατοκαλλιέργειες με κύριο γνώμονα την ποιοτική και ποσοτική αναβάθμισή της προτεινόμενης βάσης δεδομένων. Ειδικότερα, προτείνεται για μελλοντική έρευνα:

- Η χρήση οδηγών εισαγωγής και για άλλα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων πέραν του MS Excel όπως για παράδειγμα την Access 2000, τον SQL Server 2000, για τη My-SQL ή για την Oracle κ.α.
- Γεωγραφική αποτύπωση των καταγεγραμμένων καλλιεργειών με την χρήση Γεωγραφικών συστημάτων πληροφόρησης (ΓΣΠ/GIS)
- Όσον αφορά στη διεπαφή του χρήστη με την υποδειγματική βάση δεδομένων θα μπορούσε να γίνει η κατάλληλη τροποποίηση ώστε να υπάρχουν ερωτήσεις σε φυσική γλώσσα πάνω στη βάση που να μπορούν να διατυπωθούν από τους χρήστες.

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Αθανασοπούλου Φ και Πανταζής Π. (2010). Δυνατότητες πραγματοποίησης εναλλακτικών μορφών υδατοκαλλιέργειας στον Ν.Καρδίτσας. 2^ο Αναπτυξιακό Συνέδριο Νομού Καρδίτσας, 19-21 Φεβρουαρίου, Καρδίτσα.

Κεντούρη Μ., (1998α). Υδατοκαλλιέργειες, παγκόσμια πρακτική και αποδόσεις. Πανεπιστήμιο Κρήτης, σελ. 122.

Κεντούρη, Μ., (1998β). Συμπληρωματικές σημειώσεις του μαθήματος Θαλάσσια Βιολογία. Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Μουστάκα – Γούνη Μ.,(1997). Ωκεανογραφία μία βιολογική προσέγγιση Vol. I Θεσσαλονίκη, σελ. 159-162, 213-215.

Περδικάρης κ.α (2006). Ηλεκτρονικές σημειώσεις για την Παραγωγή Ιχθύων Γλυκού Νερού. ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ.

Τσαγκαμίλης Παναγιώτης (2009). Χρήση φυκών ως βιοφίλτρων για την απομάκρυνση ανόργανων θρεπτικών από αστικά απόβλητα βιολογικών καθαρισμών. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βοτανικής, σελ.165.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Benemann J.R., (1992). Microalgae aquaculture feeds. J. Appl. Phycol. 4, pp. 233–245.

Brown (1991). The amino acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 145: 79-99

Brown, M.R., Garland, C.D., Jeffrey, S.W., Jameson, I.D. & Leroi, J.M. (1993) The gross and amino acid compositions of batch and semi-continuous cultures of *Isochrysis* sp. (clone T.ISO), *Pavlova lutheri* and *Nannochloropsis oculata*. J. Appl. Phycol., 5(3), 285–96.

Brown, M.R Jeffrey, S.W. Volkman J.K and G.A. Dunstan (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture, Aquaculture 151: 315–331.

Campa-Cordova AI, Luna-Gonzalez A, Ascencio F, Cortes-Jacinto E, Caceres-Martinez CJ (2006). Effects of chloramphenicol, erythromycin, and furazolidone on growth of *Isochrysis galbana* and *Chaetoceros gracilis*. Aquaculture 260: 145–150.

Castro, P and Huber, M.E., (1999). Θαλάσσια Βιολογία (Επιμέλεια Έκδοσης στα Ελληνικά Θ. Κούκουρας & Ε. Βουλτσιάδου). University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Conceição, L. E. C., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S. and Dinis, M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. Aquaculture Research, 41: 613–640.

FAO/FIDI (1997). Aquaculture production (1984-1986), UN Food and Agriculture Organization, Rome, Fisheries Circular, 815 (1989); FAO, Aquaculture development. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 5: p.40.

Howell (1979); Scott και Middleton, (1979); Lubzens, (1987). A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. Pages 207-221

FAO (1999). Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream, Vol.1. By A. Moretti, M.P. Fernandez-Criado, G. Cittolin & R. Guidastrì, Rome.

Kanazawa, (1985). Effects of docosahexaenoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish Pages 129-134

Lavens, P. Ph. Dhert, G. Merchie, M. Stael and P. Sorgeloos, (1994). A standard procedure for the mass production on an artificial diet of rotifers with a high nutritional quality for marine fish larvae. In: L.M. Crou, A.D. Munro, T.I. Lam, T.W. Chen, L.K.K. Cheong, J.K. Ding, K.K. Hooi, H.W. Khoo, V.P.E. Phang, K.F. Shim and C.H. Tan, Editors, Proceedings Third Asian Fisheries Forum (1994), pp. 745–748.

Lavens, P. and Sorgeloos, P. (1996). Manual on the Production and use of Live Food for Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 361, Rome, pp. 1–295.

Mata, T.M. Martins A.A. and N.S. Caetano (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: a review, *Renew Sust Energy Rev* 14: 217–232.

Meske, C.&Pfeffer, E. (1979) Influence of source and level of dietary protein on body composition of carp. *Proceedings of the World Symposium on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, 2, 394–99.

Moffatt, (1981) N.M. (1981) . Survival and growth of northern anchovy larvae on low Zooplankton densities as affected by the presence of a *Chlorella* bloom. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 178 (1981), pp. 475–480.

Moretti A., Pedini Fernandez-Criado M., Cittolin G., Guidastri R., 1999. Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Volume 1., FAO, Rome, 194 p.

Pillay, T.V.R. (1973). The role of aquaculture in fishery development and management. J. Fish. Res.Board Can., 30(12), 2202–2217.

Pillay, T.V.R.and M.N. Kutty (2005). Aquaculture: Principles and Practices (2nd edition), Blackwell Publishing, Oxford. p.624.

Ponis E., Robert R. and Parisi G (2003). Nutritional value of fresh and concentrated algal diets for larval and juvenile Pacific oysters (*Crassostrea gigas*), Aquaculture, 221 (1-4), pp. 491-505.

Robert, R. and Gérard, A., (1999). Bivalve hatchery techniques: current situation for the oyster *Crassostrea gigas* and the scallop *Pecten maximus*. Aquat. Living Resour. 12, pp. 121–130.

Scott and Middleton, (1979). Unicellular algae as a food for turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae - the importance of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids. Aquaculture 18, pp. 227–240.

Scott και Middleton, (1979); Witt et al, (1984); Kanazawa, (1985); Leger et al, (1986); Sargent et al, (1989);. Koven et al, (1992) A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae Pages 207-221

Stanier, R. Y., and van Niel, C. B. (1962). The concept of a bacterium, *Arch. Mikrobiol.* 42: 17–35.

Zmora, O. and Richmond, A. (2007). *Microalgae for Aquaculture: Microalgae Production for Aquaculture*, in *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology* (ed A. Richmond), Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.

Reitan, Rainuzzo JR, Zie G, Olsen Y. (1997). A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. *Aquaculture*, 155: 207-221.

Richmond A, (ed): (2005). *CRC Handbook of Microalgal Mass Culture: Biotechnology and Applied Phycology*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA

Støttrup JG and McEvoy LA (eds): (2003). *Live feeds in marine aquaculture*. Blackwell Science, Oxford, UK.

Shields, R.J. (2001). Larviculture of marine finfish in Europe. *Aquaculture*, 200 pp. 55-88.

Sorgeloos P., Dhert P. & Candreva P. (2001) Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200, 147–159.

Watanabe, T (1992). Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B pp. 3–15.

Πηγές Διαδικτύου

Eurostat, (2008). Data on "Fisheries Statistics":

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/fisheries/data/database>

FAO, 2006. The state of world F, Fisheries and Aquaculture

(www.fao.org/fishery/en)

FAO, FIDI 2003, 2005 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/programme/4,6/en>)

Algaebase : Listing the World's Algae, (www.algaebase.org/)