



ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: κα Ρωσσιάδου Κωνσταντία

Σπουδαστής: Τσακουρίδης Νικόλαος - Α.Γ.Μ:4053

Νέα Μηχανιώνα 2020

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΡΩΣΣΙΑΔΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ

ΘΕΜΑ

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΤΣΑΚΟΥΡΙΔΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Α.Γ.Μ:4053

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας: 17/05/2019

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας: 03/07/2020

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότητα</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
1	ΡΩΣΣΙΑΔΟΥ Κ. Επιβλέπουσα	ΦΥΣΙΚΟΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΣ		
2	ΤΣΟΥΛΗΣ Ν. Διευθυντής	ΠΛΟΙΑΡΧΟΣ		
3				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μία συνοπτική και ενδεικτική παρουσίαση σημαντικών τομέων της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας και, πιο συγκεκριμένα, των ιδιοτήτων διαφόρων συστατικών, που έχουν απομονωθεί από ποικίλους θαλάσσιους οργανισμούς, οι οποίες είναι επιθυμητές για τη σύνθεση μιας σειράς προϊόντων.

Αρχικά, εξετάζεται η δράση ορισμένων από αυτές για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης, ενώ ακολούθως καταγράφεται η πιθανή βιοδραστική ικανότητα κάποιων συστατικών, που έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή φαρμακευτικών σκευασμάτων. Έπειτα παρουσιάζεται η δυνατή συμβολή ορισμένων συστατικών στην ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών και, ακολούθως, του κλάδου των βιοκαυσίμων. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι δυνατότητες ορισμένων ενώσεων να υποβοηθήσουν την αναπαραγωγή θαλάσσιων οργανισμών. Τέλος, παρατίθενται δεδομένα που αφορούν τη χρήση συστατικών από θαλάσσιους οργανισμούς σε προϊόντα κοσμητικής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	4
2.1. Βιοαποκατάσταση.....	4
2.2. Χημικές ενώσεις.....	5
3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	11
3.1. Γενικές παρατηρήσεις.....	11
3.2. Δευτερογενείς μεταβολίτες.....	11
3.3. Πρωτεΐνες.....	14
3.4. Μελλοντικές τάσεις.....	16
4. ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	18
5. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	21
6. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	28
7. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΟΣΜΗΤΙΚΗΣ.....	29
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	37

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4.1. Μικροάλγη.....	19
Σχήμα 5.1. Διάγραμμα ροής παραγωγής βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς από μικροάλγη.....	25
Σχήμα 5.2. Αυλωτοί φωτοβιοαντιδραστήρες.....	27
Σχήμα 6.1. Έγχυση ορμονών σε τόνους.....	28

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Βιοεπιφανειοδραστικές ουσίες/βιογαλακτωματοποιητές που έχουν παραχθεί από θαλάσσιους μικροοργανισμούς.....	6
Πίνακας 3.1. Φαρμακευτικές ενώσεις που έχουν απομονωθεί από θαλάσσιους οργανισμούς και κυκλοφορούν στο εμπόριο ή ελέγχονται.....	17
Πίνακας 5.1. Απόδοση σε βιοκαύσιμο διαφόρων ειδών μικροάλγης.....	22

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι οργανισμοί που κατοικούν σε θαλάσσια οικοσυστήματα διαφέρουν ποικιλοτρόπως, ως προς τις φυσιολογικές και μεταβολικές τους διεργασίες, σε σχέση με τους χερσαίους. Για αυτόν τον λόγο, θεωρείται ότι οι μεταβολίτες που παράγουν μπορούν να οδηγήσουν στην παρασκευή νέων προϊόντων με επιθυμητές ιδιότητες. Εν γένει, οι θαλάσσιοι βιολογικοί πόροι έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας, ως εναλλακτική λύση σε σχέση με τους χερσαίους, εξαιτίας της μεγάλης τους ποικιλίας και του γεγονότος ότι περίπου το 80% του συνόλου των οργανισμών του πλανήτη (γύρω στα 300,000 είδη) διαβιώνει στη θάλασσα. Καθώς οι θαλάσσιοι οργανισμοί παράγουν μόνον πολύ μικρές ποσότητες μεταβολιτών, η διαδικασία ανίχνευσης και ανάλυσης της δομής τους και της βιολογικής τους λειτουργίας είναι αρκετά επίπονη. Ωστόσο, οι πρόσφατες εξελίξεις, που διέπουν τις τεχνικές της ανάλυσης της δομής των βιομορίων, συνεπάγονται την ανάπτυξη ενός μεγάλου εύρους μεθόδων βιο-ανάλυσης, γεγονός που συνεπάγεται βελτιωμένη κατανόηση της λειτουργίας των δραστικών συστατικών, που μπορούν να απομονωθούν από τους θαλάσσιους οργανισμούς (Kim, 2019).

Με τον όρο «θαλάσσια» ή «γαλάζια» βιοτεχνολογία νοείται η διερεύνηση και η αξιοποίηση των θαλάσσιων οργανισμών, με στόχο την ανάπτυξη διαφόρων νέων προϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες εφαρμογές. Η έρευνα επί της θαλάσσιας βιοποικιλότητας μπορεί να συνεπάγεται την ανάπτυξη βιομηχανικών ενζύμων, που είναι ανθεκτικά σε ακραίες συνθήκες, με αξιόλογο οικονομικό ενδιαφέρον, αλλά και νέων φαρμακευτικών σκευασμάτων. Σε μακροπρόθεσμο επίπεδο αναμένεται ότι ο συγκεκριμένος τομέας θα οδηγήσει στη δημιουργία θέσεων εργασίας υψηλής εξειδίκευσης, καθώς και σημαντικές επενδυτικές ευκαιρίες και καινοτόμες λύσεις σε ζητήματα που άπτονται της οικονομικής ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της ανάσχεσης της κλιματικής αλλαγής (EC, 2020).

Ήδη η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει σκιαγραφήσει τις ευκαιρίες που παρέχει η έρευνα της θαλάσσιας τεχνολογίας, αναγνωρίζοντας ότι πλέον είναι διαθέσιμες τόσο η υποβρύχια τεχνολογία που απαιτείται για την εξερεύνηση των θαλασσών και των ωκεανών όσο και η τεχνολογία που καθιστά δυνατό τον προσδιορισμό της αλληλουχίας του DNA των θαλάσσιων οργανισμών. Στο πλαίσιο αυτό είναι ενδεικτική η σχετική ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής όπου γίνεται λόγος για τη λεγόμενη «γαλάζια ανάπτυξη» και για «ευκαιρίες για βιώσιμη ανάπτυξη στους τομείς της θάλασσας και της ναυτιλίας» (EC, 2012).

Εάν συνεκτιμηθεί το σύνολο των οικονομικών δραστηριοτήτων που εξαρτώνται από την αξιοποίηση των θαλάσσιων φυσικών πόρων, η «γαλάζια» οικονομία της ΕΕ αντιστοιχεί σε 5.4 εκατομμύρια θέσεις εργασίας και σε ακαθάριστη προστιθέμενη αξία που εκτιμάται ίση με περίπου

500 δισεκατομμύρια Ευρώ σε ετήσια βάση. Συνολικά, γύρω στο 37% του εμπορίου που πραγματοποιείται εντός της ΕΕ και γύρω στο 75% του εξωτερικού εμπορίου της ΕΕ λαμβάνει χώρα διά μέσου της θάλασσας. Καθίσταται, λοιπόν, σαφές ότι οι ακτές και η θάλασσα είναι αξιόλογοι φορείς ανάπτυξης της οικονομίας. Παρά την παραδοσιακή τάση που εμφανίζουν οι παράκτιες κοινότητες και οι λιμένες για προώθηση της καινοτομίας, τον 21ο αιώνα έχουν προστεθεί και τρεις επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν τη θαλάσσια οικονομική ανάπτυξη, οι οποίοι είναι οι εξής (EC, 2012):

1. Έχει σημειωθεί πολύ σημαντική και ταχεία τεχνολογική πρόοδος αναφορικά με την ανάπτυξη δραστηριοτήτων στις ανοιχτές θάλασσας και μάλιστα σε ολοένα και βαθύτερα ύδατα. Ιδιαίτερα η βιντεοεπιτήρηση, η τεχνολογία της ρομποτικής (αυτοματοποιημένου χειρισμού) και η τεχνολογία που αφορά τη χρήση καταδυόμενου εξοπλισμού έχουν ενσωματωθεί με συστηματικό τρόπο σε συσκευές οι οποίες αξιοποιούνται σε δραστηριότητες που δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθούν έως και τις αρχές περίπου του παρόντος αιώνα.
2. Υπάρχει ολοένα και ευρύτερη συνειδητοποίηση του γεγονότος ότι τόσο η ξηρά όσο και τα γλυκά ύδατα είναι πεπερασμένοι φυσικοί πόροι, καθώς η επιπλέον αποψίλωση των δασικών εκτάσεων, αλλά και η αποστράγγιση διαφόρων υγροτόπων αναμένεται να στερήσουν τις επόμενες γενιές από τα δυνατά οφέλη που μπορούν να παράσχουν. Επομένως, θα πρέπει να εξεταστούν τρόποι διά των οποίων το τμήμα της Γης που καλύπτεται από νερό σε ποσοστό 71% είναι σε θέση να προμηθεύσει τον άνθρωπο με αγαθά όπως ενεργειακοί πόροι με τον πλέον βιώσιμο τρόπο.
3. Σήμερα υφίσταται η ανάγκη να περιορισθούν στο ελάχιστο οι εκπομπές «αερίων του θερμοκηπίου» (greenhouse gases, GHGs), με αποτέλεσμα να αναζητείται η δυνατότητα ανάπτυξης του τομέα των «ανανεώσιμων πηγών ενέργειας».

Οι παραπάνω συνθήκες έχουν δημιουργήσει συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας, δεδομένων των κατάλληλων σχετικών επενδύσεων στον τομέα της έρευνας. Αυτή η προσέγγιση χαρακτήριζε και η στρατηγική «Ευρώπη 2020», η οποία στόχευε στην αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων με παράλληλη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η «αιφορία» των υγιών και ανθεκτικών θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων (EC, 2012).

Η έρευνα της θαλάσσιας βιοτεχνολογίας προϋποθέτει την ανάπτυξη ενός μεγάλου εύρους βασικών τεχνολογιών για τη διατήρηση και την αξιοποίηση των λειτουργιών των θαλάσσιων οργανισμών. Εξαιτίας της διεπιστημονικής της φύσης, η βιοτεχνολογία εδράζεται σε διάφορες παραδοσιακές θαλάσσιες επιστήμες, όπως στη θαλάσσια βιολογία, τη θαλάσσια χημεία και τις

επιστήμες που σχετίζονται με την αλιεία, ενώ παράλληλα είναι αναγκαία περαιτέρω εμβάθυνση στους τομείς της μοριακής βιολογίας, της ανοσολογίας, της βιοχημείας, της φαρμακολογίας και της βιοτεχνολογίας. Πρόσφατα στο πεδίο της θαλάσσιας βιοτεχνολογίας έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται ένας αριθμός καινοτόμων μεθόδων, όπως γενωμική, μεταβολομική και πρωτεωμική ανάλυση, αλλά και η βιοπληροφορική (Kim, 2019).

Ένας από τους πολλούς λόγους που γίνεται λόγος για την άφιξη της «εποχής της θαλάσσιας βιοτεχνολογίας» (“marine biotech era”) αφορά την προσδοκία, ότι καινοτόμα υλικά πρόκειται να αντικαταστήσουν τα συμβατικά προϊόντα της χημικής τεχνολογίας ή/και να μετασχηματίσουν τις υφιστάμενες παραγωγικές διαδικασίες της χημικής βιομηχανίας. Είναι γεγονός ότι για την ανάπτυξη των υλικών αυτών μπορούν να αξιοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός θαλάσσιων ειδών. Επί του παρόντος, ωστόσο, υφίστανται λίγες περιπτώσεις στις οποίες η έρευνα έχει προχωρήσει έως τη βιομηχανική παραγωγή των εν λόγω υλικών, αν και κατά τα τελευταία 40 έτη έχουν ταυτοποιηθεί ως προς τη δομή τους και απομονωθεί πάνω από 35,000 συστατικά που προέρχονται από θαλάσσιους οργανισμούς. Παρ’ όλ’ αυτά, η αξιοποίησή τους στην παραγωγή, ιδιαίτερα εκείνων που προέρχονται από οργανισμούς που έχουν κατορθώσει να προσαρμοσθούν σε εξαιρετικά δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αναμένεται να εκτιναχθεί κατά τις επόμενες δεκαετίες (Kim, 2019).

Οι εφαρμογές της θαλάσσιας βιοτεχνολογίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες (Kim, 2019):

1. Σε τεχνολογίες ανάλυσης των λειτουργιών των θαλάσσιων οργανισμών
2. Σε τεχνολογίες ανάπτυξης διατροφικών πηγών
3. Σε τεχνολογίες ανάπτυξης νέων υλικών
4. Σε τεχνολογίες διατήρησης και προστασίας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενό της την παρουσίαση των δυνατοτήτων και των τεχνολογικών εξελίξεων που αφορούν πέντε τομείς εφαρμογών της θαλάσσιας βιοτεχνολογίας, της χρήσης οργανισμών και της παραγωγής χημικών ενώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης, της παραγωγής φαρμάκων, των εφαρμογών που αφορούν τις υδατοκαλλιέργειες, την παραγωγή βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς, την υποβοήθηση της αναπαραγωγής θαλάσσιων οργανισμών και την παραγωγή καλλυντικών σκευασμάτων.

2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

2.1. Βιοαποκατάσταση

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η εντατικοποίηση των παραγωγικών δραστηριοτήτων και η αστικοποίηση έχουν οδηγήσει στην κατακόρυφη αύξηση των ποσοτήτων των υγρών αποβλήτων, που είναι αναγκαίο να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία, πριν να διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες. Το μεγαλύτερο τμήμα των υγρών αποβλήτων, επεξεργασμένο ολικώς ή πλημμελώς, καταλήγει στο θαλάσσιο περιβάλλον, με αποτέλεσμα φαινόμενα θαλάσσιας ρύπανσης. Μάλιστα, έχει εκτιμηθεί ότι το 60% των αστικών λυμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο διατίθεται ανεπεξέργαστο σε ποταμούς και παράκτια ύδατα με συνέπεια την μακροπρόθεσμη επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι κίνδυνοι που ενέχει η εν λόγω ρύπανση, που μπορεί να είναι ορατή λόγω του ευτροφισμού ορισμένων θαλάσσιων οικοσυστημάτων και της καταστροφής των βιοκοινοτήτων τους, έχουν αναγνωριστεί εδώ και δεκαετίες, με αποτέλεσμα η ερευνητική κοινότητα να εστιάσει στην ανάπτυξη τεχνικών ελαχιστοποίησης των επιπτώσεων της θαλάσσιας ρύπανσης, όπως της βιοαποκατάστασης (bio-remediation) (Fang et al., 2016; Neveux et al., 2018). Στις μεθόδους της βιοαποκατάστασης χρησιμοποιούνται οραγνισμοί υπό ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την αποικοδόμηση, την ουδετεροποίηση ή/και την απομάκρυνση τοξικών συστατικών από μία ζώνη που εμφανίζει υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Οι αρχές της βιοαποκατάστασης δεν είναι νέες, αλλά σήμερα έχουν επεκταθεί στη χρήση μιας ποικιλίας θαλάσσιων οργανισμών, όπως βακτηριακών μικροοργανισμών, αλλά και μεγαλύτερων (επί παραδείγματι, θαλάσσιας μακροάλγης), έτσι ώστε να περιοριστούν οι συγκεντρώσεις των ρύπων στις παροχές των αποβλήτων των υδατοκαλλιεργειών σε παράκτιες ζώνες και σε ιζήματα, καθώς και σε ζώνες με ρύπανση από πετρελαιοειδή (π.χ. παρουσία πετρελαιοκηλίδας). Η βιοαποκατάσταση συνιστά μία εξαιρετικά ελκυστική, από περιβαλλοντική σκοπιά, μέθοδο αντιμετώπισης της ρύπανσης, καθώς αξιοποιεί είτε οργανισμούς που βρίσκονται εγγενώς στο περιβάλλον το οποίο υφίσταται τις περιβαλλοντικές πιέσεις σε τεχνικές βιοδιέγερσης (biostimulation) είτε εξωγενείς ή ενδογενείς οργανισμούς που προστίθενται σε αυτή τη ζώνη σε τεχνικές βιοανάπτυξης (bioaugmentation), ούτως ώστε να αποικοδομηθούν ή να αφομοιωθούν διάφορα είδη ρύπων. Ως εκ τούτου, ενέχει τη χρήση τεχνικών χαμηλών τεχνολογικών απαιτήσεων και χαμηλού κόστους οι οποίες εν γένει είναι αποδεκτές από το ευρύ κοινό και είναι δυνατόν να εφαρμοστούν επί τόπου (in situ) ή σε άλλα σημεία (ex situ) (Vidali, 2001).

Αξίζει να αναφερθεί ότι η αποδοτικότητα των μεθόδων βιοαποκατάστασης εδράζεται στη μεταβολική δραστηριότητα των οργανισμών που χρησιμοποιούνται, με αποτέλεσμα να απαιτείται η

επάρκειά τους σε συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και διατήρησή τους. Σε αρκετές περιπτώσεις, τα συστατικά αυτά αποτελούν οι ίδιοι οι ρύποι, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται ενδογενή είδη που καταναλώνουν, για παράδειγμα, θρεπτικά συστατικά, όπως άζωτο και φωσφόρο, στοιχεία όπως ο σίδηρος ή οργανική ύλη, όπως πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες (Veneux et al., 2018).

Η θαλάσσια μακροάλγη, η οποία ορίζεται ως σύνολο πολυκύτταρων οργανισμών με μέγεθος μεγαλύτερο των 50 mm, εμφανίζει την ικανότητα πρόσληψης μακροθρεπτικών συστατικών και μετάλλων από το θαλάσσιο περιβάλλον και, κατά συνέπεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στις τεχνικές βιοαποκατάστασης. Είναι αξιοσημείωτο ότι ο ταχύτατος πολλαπλασιασμός των φυκών σε πολλές θαλάσσιες περιοχές του πλανήτη προκύπτει ως φυσική συνέπεια της έντονης ανθρωπογενούς δραστηριότητας σε ρυπασμένες λιμνοθάλασσες, εκβολές ποταμών και παράκτιες ζώνες όπου οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών είναι υψηλές, ενώ η ηλιακή ακτινοβολία και οι θερμοκρασιακές συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξή τους. Το γνωστότερο παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης εντοπίζεται στις παράλιες ζώνες της Κίνας (παλίρροιες φυκών). Εν τούτοις, κατά τη βιοαποκατάσταση τα φύκια καλλιεργούνται σε ελεγχόμενες συνθήκες διά της εξασφάλισης μίας φυσικής βάσης για την ανάπτυξη του πληθυσμού τους κοντά στην πηγή της ρύπανσης, όπου παρατηρούνται οι υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαντών (Veneux et al., 2018).

Για την καλλιέργεια των φυκών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τεχνικές θαλάσσιας αποκατάστασης έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των τεχνητών υγροτόπων, των υγροτόπων υψηλού ρυθμού αποικοδόμησης, δεξαμενών και υπεράκτιων υποδομών. Αναλόγως του συστήματος που εφαρμόζεται, του είδους του ρύπου και των περιβαλλοντικών συνθηκών, είναι δυνατή η χρήση μίας ποικιλίας φυκών, όπως των πράσινων φυκιών (της συνομοταξίας των Χλωρόφυτων, κυρίως τα είδη του γένους *Ulva*), των ερυθρών φυκιών (της συνομοταξίας των Ροδόφυτων, κυρίως τα είδη του γένους *Gracilaria*) και των καφέ φυκιών (της συνομοταξίας των Φαιοφύκων, κυρίως τα είδη των γενών *Saccharina*, *Undaria* και *Sargassum*) (Venaux et al., 2018).

2.2. Χημικές ενώσεις

Οι περιβαλλοντικές εφαρμογές των θαλάσσιων οργανισμών δεν περιορίζονται στην άμεση χρήση τους για τη δέσμευση ή/και την αποικοδόμηση των ρύπων, αλλά και για την παρασκευή χημικών ενώσεων που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης. Σε αυτές τις ενώσεις περιλαμβάνονται επιφανειοδραστικά συστατικά μικροβιακής

προέλευσης, τα μόρια των οποίων περιέχουν λιπόφιλα και υδρόφιλα τμήματα. Τα περισσότερα βιοεπιφανειοδραστικά είναι τα γλυκολιπίδια, τα λιποπεπτίδια και οι λιποπρωτεΐνες, τα φωσφολιπίδια και τα λιπαρά οξέα, πολυμερικές ενώσεις και σωματιδιακά βιοεπιφανειοδραστικά. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους αφορούν τη μικρή τοξικότητά τους, τη σταθερότητά τους σε ακραίες τιμές pH, θερμοκρασίας και αλατότητας, την υψηλότερη βιοαποικοδομησιμότητά τους (και, συνεπώς, το περιβαλλοντικά φιλικό προφίλ τους), καθώς και την ικανότητά τους να παράγονται από ανανεώσιμες πηγές χαμηλού κόστους. Σε μια ευρύτερη ταξινόμηση, τα μόρια αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε ενώσεις μικρής και μεγάλης μοριακής μάζας. Οι μεν περιλαμβάνουν κυρίως τα γλυκολιπίδια και τα λιποπεπτίδια, τα οποία έχουν μεγαλύτερη ικανότητα μείωσης της διεπιφανειακής και της επιφανειακής τάσης. Οι ενώσεις μεγάλης μοριακής μάζας, που είναι κυρίως αμφίφιλοι πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λιποπολυσακχαρίτες και λιποπρωτεΐνες εμφανίζουν μεγαλύτερη ικανότητα αποτελεσματικής σταθεροποίησης των γαλακτωμάτων ελαίου σε νερό. Ως τρόποι δράσης των βιοεπιφανειοδραστικών ουσιών έχουν προταθεί η ικανότητά τους να αυξάνουν την επιφάνεια και τη βιοδιαθεσιμότητα των υδρόφοβων υποστρωμάτων, να εντείνουν την πρόσδεση βαρέων μετάλλων και να ευνοούν την ανάπτυξη του βιοφίλμ προς ανάσχεση της θαλάσσιας ρύπανσης. Επιπλέον, αναφέρεται ότι δύο οργανισμοί που ανήκουν στο ίδιο γένος και είδος, αλλά αναπτύσσονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα, μπορεί να παραγάγουν διαφορετικά ισομερή των βιοεπιφανειοδραστικών ουσιών, ώστε να προσαρμοστούν στο ιδιαίτερο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, οι εν λόγω ενώσεις χαρακτηρίζονται από πολύ ιδιαίτερες φυσικοχημικές ιδιότητες. Ωστόσο, επί του παρόντος, η πλειοψηφία των βιοεπιφανειοδραστικών ουσιών παράγεται από χερσαίους μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα να μην έχει αξιοποιηθεί αυτή η τεράστια ποικιλία. Αυτές οι βιοεπιφανειοδραστικές ουσίες, ορισμένες από τις οποίες παρατίθενται στον Πίνακα 2.1 είναι κυρίως εξωκυτταρικοί πολυσακχαρίτες και γλυκολιποπεπτίδια (Das et al., 2010).

Πίνακας 2.1. Βιοεπιφανειοδραστικές ουσίες/βιογαλακτωματοποιητές που έχουν παραχθεί από θαλάσσιους μικροοργανισμούς (Das et al., 2010).

Είδος ένωσης	Μικροοργανισμός
Εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης-λιπίδιο	<i>Alcaligenes</i> sp. PHY 9L-86
Εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης	<i>Pseudomonas putida</i> ML2
Εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης	<i>Planococcus maitriensis</i> Anita I
Εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης	<i>Antarctobacter</i> sp.

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης	Halomonas sp. TG 39, Halomonas sp. TG 67
Γλυκολιποπεπτίδιο	Yarrowia lipolytica
Γλυκολιποπεπτίδιο	Halomonas sp. ANT-3b
Γλυκολιποπεπτίδιο	Corynebacterium kutscheri
Γλυκολιπίδιο	Pseudomonas aeruginosa A41
Γλυκολιπίδιο	Βακτηριακό στέλεχος MM1
Γλυκολιπίδιο	Nocardioides sp.
Γλυκολιπίδιο	Rhodococcus erythropolis
Γλυκολιπίδιο	Pantoea sp.
Γλυκολιπίδιο	Aeromonas sp.
Γλυκολιπίδιο και φωσφολιπίδια	Alcanivorax borkumensis
Λιποπεπτίδιο	Bacillus circulans
Αμινολιπίδιο	Myroides sp. στέλεχος SM1

Ο εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης-λιπίδιο του *Alcaligenes* sp. PHY 9L-86 εμφανίζει την ικανότητα βιοαποικοδόμησης του τετραδεκανίου, ενώ οι εξωκυτταρικοί πολυσακχαρίτες των ειδών *Pseudomonas putida* ML2, *Planococcus maitriensis* Anita I και *Antarctobacter* sp. συνδέονται, αντίστοιχα, με τη βιοαποικοδόμηση αλειφατικών και πολυαρωματικών υδρογονανθράκων, την γαλακτωματοποίηση και τη διασπορά πετρελαϊκών υδρογονανθράκων, τη γαλακτωματοποίηση φυτικών ελαίων και την απορρόφηση μετάλλων και τη γαλακτωματοποίηση φυτικών ελαίων και τη σταθεροποίηση γαλακτωμάτων. Αναλυτικότερα, στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε η ικανότητα βιοαποικοδόμησης 98% του υποστρώματος (τετραδεκανίου), σε περιεκτικότητα 0.1% w/v, εντός 48 ωρών, το οποίο αποτέλεσε την αποκλειστική πηγή άνθρακα και ενέργειας (Goutx et al., 1987). Κατά παρόμοιο τρόπο, ο εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης του μικροοργανισμού *Pseudomonas putida* ML2 μπόρεσε να αναπτυχθεί σε υπόστρωμα πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (όπως το ναφθαλένιο) προς παραγωγή βιοεπιφανειοδραστικών ενώσεων οι οποίες μπορούν να διαδραματίσουν καίριο ρόλο στη διαλυτοποίηση αλειφατικών, αρωματικών και πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (Bonilla et al., 2005). Στην τρίτη περίπτωση ο εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης που παρήχθη από έναν μικροοργανισμό ανθεκτικό σε υψηλή αλατότητα εμφάνισε

μία καλή ικανότητα διασποράς πετρελαϊκών υδρογονανθράκων ακόμη και σε χαμηλές περιεκτικότητες (0.1%), ενώ η ιδιότητα αυτή διατηρήθηκε ακόμη και σε τιμές pH αρκετά χαμηλές και αρκετά υψηλές. Επίσης, η εν λόγω ένωση εμφάνισε ικανοποιητική γαλακτωματοποιητική δράση σε υποστρώματα διαφόρων υδρογονανθράκων και φυτικών ελαίων. Σε ορισμένες πειραματικές δοκιμές η σταθερότητα του γαλακτώματος με σιλικόνη, παραφίνη και φυτικό έλαιο ήταν 100% επί 45 συνεχείς ημέρες (Kumar et al., 2007). Ο γαλακτωματοποιητής AE 22 που παράγεται από το *Antarctobacter* sp. διαπιστώθηκε ότι μπορεί να σχηματίζει σταθερά γαλακτώματα με ποικίλα φυτικά έλαια σε ουδέτερες και όξινες τιμές pH. Τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών έδειξαν ότι το συγκεκριμένο βιοπολυμερές εμφανίζει σταθεροποιητική δράση που είναι καλύτερη από τη δράση του ως γαλακτωματοποιητή. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιολογικό μέσο προσρόφησης των ρύπων (Gutierrez et al., 2007a). Οι γαλακτωματοποιητές που προέκυψαν από τα είδη *Halomonas* sp. TG 39 και TG 67 εμφάνισαν καλή γαλακτωματοποιητική δράση σε υπόστρωμα διαφορετικών φυτικών ελαίων, αλλά και σε υπόστρωμα δεκαεξανίου. Τα εν λόγω γαλακτώματα παρέμειναν σταθερά για πολλούς μήνες σε ουδέτερες (κυρίως) και σε όξινες τιμές pH. Θεωρείται ότι οι συγκεκριμένοι καινοτόμοι γαλακτωματοποιητές μπορούν να υποκαταστήσουν τους υφιστάμενους γαλακτωματοποιητές οι οποίοι συγκριτικά με τους πρώτους εμφανίζουν περιορισμένη γαλακτωματοποιητική και σταθεροποιητική ικανότητα (Gutierrez et al., 2007b).

Σε ό,τι αφορά τα γλυκολιποπεπτίδια των *Corynebacterium kutscheri*, *Yarrowia lipolytica* και *Halomonas* sp. ANT-3b, αυτά εμφανίζουν, αντίστοιχα, την ικανότητα δράσης ως γαλακτωματοποιητές υδρογονανθράκων που συνεισφέρουν στην αποικοδόμηση τους, δράσης ως γαλακτωματοποιητές αρωματικών υδρογονανθράκων και αλκυλοφθοριδίων, αποκατάστασης ζωνών που έχουν επιβαρυνθεί με πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες σε ψυχρά θαλάσσια περιβάλλοντα (Das et al., 2010). Στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε ιδιαίτερα καλή ικανότητα αποικοδόμησης μετά την προσθήκη θρεπτικών συστατικών (Thavasi et al., 2007). Στη δεύτερη περίπτωση παρατηρήθηκε υψηλή γαλακτωματοποιητική ικανότητα με υδρογονανθρακικά (π.χ. δεκαεξάνιο) και αρωματικά υποστρώματα (π.χ. τολουόλιο, ξυλόλιο, στυρόλιο) και σε αλκυλοφθορίδια. Μάλιστα, η δράση των βιομορίων ως γαλακτωματοποιητών διατηρήθηκε σε μεγάλο εύρος τιμών pH (3-9). Επιπλέον, οι γαλακτωματοποιητές του είδους *Yarrowia lipolytica* NCIM 3589 εμφάνισαν καλή ικανότητα σταθεροποίησης γαλακτωμάτων ελαίου σε νερό με τη χρήση πολλών αρωματικών υδρογονανθράκων, όπως βενζολίου, ξυλολίου, τολουολίου και 1-μεθυλο-ναφθαλενίου. Παρ' όλ' αυτά, δεν παρατηρήθηκε σταθερότητα των γαλακτωμάτων με βάση κανονικά αλκάνια. Οι γαλακτωματοποιητές εμφάνισαν σταθερότητα (7 ώρες στους 80°C και 3 ώρες

στους 100°C), ενώ διατήρησαν τη δράση τους σε μεγάλο εύρος τιμών pH (2-10) (Zinjarde et al., 1997; Amaral et al., 2006). Τα γλυκολιπίδια του είδους *Halomonas* sp. ANT-3b εμφάνισαν ικανότητα αποικοδόμησης κ-δεκαεξανίου χρησιμοποιώντας την τελευταία ένωση ως αποκλειστική πηγή άνθρακα με αποτέλεσμα την παραγωγή βιοεπιφανειοδραστικών ουσιών. Το εν λόγω στέλεχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων πετρελαιοκηλίδων ιδίως σε ψυχρά κλίματα (Pepi et al., 2005).

Τα γλυκολιπίδια των *Pseudomonas aeruginosa* A41, βακτηριακού στελέχους MM1, *Nocardioides* sp., *Rhodococcus erythropolis*, *Pantoea* sp. και *Aeromonas* sp. εμφανίζουν, αντίστοιχα, ικανότητα ανάκτησης πετρελαϊκών υδρογονανθράκων, απομάκρυνσης υδρογονανθράκων, δράσης ως γαλακτωματοποιητές κανονικών παραφινών και αρωματικών υδρογονανθράκων και διαλυτοποίησης και αποικοδόμησης πετρελαϊκών υδρογονανθράκων, καθώς και ενίσχυσης της βιοαποικοδόμησης αυτών από βακτηριακούς οργανισμούς χωρίς να παρεμποδίζουν τη δραστηριότητα των τελευταίων, γαλακτωματοποίησης ενός μεγάλου αριθμού υδρογονανθράκων και δημιουργίας γαλακτωμάτων διαφόρων υδρογονανθρακικών υποστρωμάτων (Das et al., 2010). Πιο συγκεκριμένα, από το στέλεχος *Pseudomonas aeruginosa* A41 απομονώθηκαν ραμνολιπιδικές επιφανειοδραστικές ουσίες που εμφάνισαν καλή σταθερότητα και επιφανειοδραστική δράση σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (40-121°C), τιμών pH (2-12) και συγκεντρώσεων NaCl (0-5%), ούτως ώστε φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες για την υποβοήθηση της ανάκτησης πετρελαϊκών υδρογονανθράκων (Thaniyavarn et al., 2006). Το στέλεχος MM1 μπορεί να παραγάγει αποτελεσματικούς μη τοξικούς γαλακτωματοποιητές (Passeri et al., 1992). Με παρόμοιο τρόπο, γλυκολιπίδια του ακτινομύκητα *Nocardioides* sp. είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στη γαλακτωματοποίηση κανονικών παραφινών και πολλών άλλων αρωματικών υδρογονανθράκων (Vasileva-Tonkawa και Gesheva, 2005). Γλυκολιπίδια του προαιρετικά αναερόβιου μικροοργανισμού *Pantoea* sp. στελέχους A-13 εμφάνισαν καλή γαλακτωματοποιητική ικανότητα σε μία ποικιλία υδρογονανθρακικών υποστρωμάτων και υψηλή γαλακτωματοποιητική ικανότητα σε υπόστρωμα βενζολίου σε μεγάλο εύρος τιμών pH και κυρίως στην αλκαλική περιοχή. Αν και η εν λόγω ένωση εμφάνισε καλή γαλακτωματοποιητική δράση σε μεσόφιλες συνθήκες (30-37°C) η γαλακτωματοποιητική ικανότητα μειώθηκε σε έναν βαθμό σε θεرمόφιλες συνθήκες (45°C). Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η υδροφοβικότητα της κυτταρικής επιφάνειας συνιστά μία σημαντική παράμετρο στον καθορισμό του βαθμού της προσκόλλησης του μικροοργανισμού στα υδροφοβικά υποστρώματα. Η κυτταρική επιφάνεια του παραπάνω στελέχους καθίσταται περισσότερο υδροφοβική όταν ο μικροοργανισμός αναπτύσσεται σε υδρογονάνθρακες παρά σε συστατικά που είναι διαλυτά στο νερό (Vasileva-

Topkova και Gesheva, 2007). Τα γλυκολιπίδια του *Rhodococcus erythropolis* μπορούν να αξιοποιήσουν μία ποικιλία αλκανίων (C_5-C_{36}), ιδιαίτερα των αλκανίων μεγαλύτερης ανθρακικής αλυσίδας ($C_{14}-C_{36}$). Αυτές οι βιοεπιφανειοδραστικές ουσίες ενίσχυσαν την ικανότητα διάσπασης των πετρελαϊκών υδρογονανθράκων από άλλους βακτηριακούς οργανισμούς χωρίς να έχουν τοξική δράση στους τελευταίους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των πετρελαιοκηλίδων (Peng et al., 2007). Με αντίστοιχο τρόπο, τα γλυκολιπίδια του *Aeromonas* sp. μπόρεσαν να γαλακτωματοποιήσουν διάφορα υδρογονανθρακικά υποστρώματα, ιδίως σε ελαφρώς αλκαλική τιμή pH (8) και σε αλατότητα 5%. Η ικανότητά τους αυτή βρέθηκε να είναι υψηλότερη στους 40°C, ενώ μειωνόταν με την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας, αν και διατηρήθηκε σε βαθμό 77% έπειτα από θέρμανση στους 100°C επί 120 λεπτά. Γενικά, η ικανότητα γαλακτωματοποίησης ήταν μεγαλύτερη στη διαχείριση αλειφατικών παρά αρωματικών υδρογονανθράκων (Ilori et al., 2005).

Το γλυκολιπίδιο και τα φωσφολιπίδια του μικροοργανισμού *Alcanivorax borukmensis* εμφανίζει την ικανότητα αντιμετώπισης των πετρελαιοκηλίδων, ενώ λιποπεπτίδια του *Bacillus circlans* μπορούν να διαλυτοποιήσουν πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες. Στην πρώτη περίπτωση, παρατηρήθηκε καλύτερη δράση σε υπόστρωμα υδρογονανθράκων ευθείας αλυσίδας (Abraham et al., 1998). Στη δεύτερη περίπτωση παρατηρήθηκε επιφανειοδραστική ικανότητα διαχείρισης υποστρωμάτων όπως ντήζελ, κηροζίνης, βενζολίου και δεκαεξανίου και τα παράγωγα του εν λόγω μικροοργανισμού έχουν προταθεί για την αποκατάσταση θαλάσσιου περιβάλλοντος που έχει ρυπανθεί με αλειφατικούς και πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (Das et al., 2008). Τέλος, τα αμινολιπίδια του *Myroides* sp. στελέχος SM1 μπορούν να γαλακτωματοποιήσουν πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες που έχουν παραμείνει στην επιφάνεια της θάλασσας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μελέτες επί της υδροφοβικότητας της κυτταρικής επιφάνειας του συγκεκριμένου μικροοργανισμού έδειξαν ότι τα κύτταρα εμφάνιζαν μία μεγαλύτερη χημική συνάφεια με τους παραπάνω υδρογονάνθρακες (85.5%), το τολουόλιο (48.4%) και το ξυλόλιο (28.1%). Γενικότερα, η χημική συνάφεια των κυττάρων ήταν μεγαλύτερη με επιμέρους αρωματικά συστατικά (ιδιαίτερα μη πολικά) σε σχέση με τα αλειφατικά. Παρά τη γαλακτωματοποιητική του ικανότητα, η καλλιέργεια του *Myroides* sp. στελέχους SM1 δεν μπόρεσε να αξιοποιήσει κάποιο υδρογονανθρακικό συστατικό ως αποκλειστική πηγή άνθρακα. Οι γαλακτωματοποιητές που παρήγαγε παρέμειναν σταθεροί στο θερμοκρασιακό εύρος των 30 έως 121°C και σε τιμές pH μεταξύ 5 και 12 (Maneerat et al., 2006; Maneerat και Dikit, 2007).

3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

3.1. Γενικές παρατηρήσεις

Η παγκόσμια ζήτηση σε φάρμακα αυξάνεται συνεχώς, με αποτέλεσμα να καθίστανται αναγκαία τόσο ο σχεδιασμός όσο και η ανάπτυξη νέων φαρμακευτικών ουσιών. Επί του παρόντος τους μεγαλύτερους ερευνητικούς τομείς στο πεδίο της Φαρμακευτικής αποτελούν η αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών παθήσεων, των καρκίνων, των παθήσεων του γαστρεντερικού συστήματος, καθώς και διάφορες μολυσματικές ασθένειες, αλλά και παθήσεις που προσβάλλουν το κεντρικό νευρικό σύστημα. Η εντυπωσιακή ποικιλία που εμφανίζουν οι δευτερογενείς μεταβολίτες και άλλα βιομόρια των θαλάσσιων οργανισμών σε σχέση με εκείνους των χερσαίων, που προέκυψε ως αποτέλεσμα βιολογικών διαδικασιών της φυσικής επιλογής και, κυρίως, εξαιτίας της ανάγκης της ανάπτυξης αμυντικών μηχανισμών, συνεπάγεται ότι κατά τα τελευταία έτη ορισμένα παράγωγα των οργανισμών αυτών μπορούν να αξιοποιηθούν στον τομέα της Φαρμακευτικής ως ουσίες με φαρμακευτική δράση. Οι τελευταίες μπορούν να παραχθούν από οργανισμούς όπως βακτήρια, μύκητες, σπόγγοι, μικροάλγη και μακροάλγη, οστρακόδερμα, μαλάκια, ψάρια και μικρά σπονδυλωτά ωκεάνεια είδη (Samarakoon et al., 2015). Παρακάτω θα παρουσιαστούν δευτερογενείς μεταβολίτες και πρωτεΐνες με ενδεχόμενη φαρμακευτική δράση.

3.2. Δευτερογενείς μεταβολίτες

Οι δευτερογενείς μεταβολίτες παράγονται από τους θαλάσσιους οργανισμούς με στόχο την προστασία τους από θηρευτές, μολύνσεις, παράσιτα ή την επικοινωνία τους με άλλους οργανισμούς του ίδιου είδους, καθώς και τη διατήρηση της ομοιόστασής τους, επειδή προσαρμόζονται σε ένα μεγάλο εύρος τιμών pH, σε υψηλές υδροστατικές πιέσεις και σε ακραίες θερμοκρασίες (Jimeno et al., 2004). Η πλειοψηφία των δευτερογενών μεταβολιτών διαδραματίζουν έναν φυσιολογικό ρόλο στη διατήρηση της υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και υπεισέρχονται σε ειδικούς μηχανισμούς πρόσδεσης σε συγκεκριμένους στόχους-υποδοχείς. Αυτές οι φυσιολογικές λειτουργίες ενδέχεται να συμβαδίζουν με τα βιοχημικά και φυσιολογικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα εντός του ανθρώπινου οργανισμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ανάλογοι μεταβολίτες που συναντώνται στους χερσαίους οργανισμούς έχουν ήδη προσελκύσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής έρευνας (Sode et al., 1996).

Πιο συγκεκριμένα, η βιοδραστικότητα των δευτερογενών μεταβολιτών που παράγονται από ποικίλους θαλάσσιους οργανισμούς αναφέρεται στις εξής λειτουργίες (Samarakoon et al., 2015):

1. Αντικαρκινική δράση
2. Αναστολή θεμελιωδών μεταλλοπρωτεϊνών
3. Αντιοξειδωτική δράση
4. Αντιική δράση
5. Αντιφλεγμονώδης δράση
6. Ηπατοπροστατευτική δράση
7. Αντιβιοτική δράση
8. Αντιδιαβητική δράση.

Μία ιδιαίτερη κατηγορία δευτερογενών μεταβολιτών αποτελούν τα τερπένια. Η μεγάλη δομική ποικιλία των τερπενοειδών συστατικών σχετίζεται με σημαντικές βιολογικές ιδιότητες. Εξαιτίας των δομικών διαφοροποιήσεών τους, αναφέρονται διάφορες τάξεις τερπενίων (C_5 έως C_{40}). Στα τερπένια ανήκει ένα διτερπενοειδές, το φλεξιμπιλίδιο και το δι-υδροφλεξιμπιλίδιο, που απομονώνεται από το μαλακό κοράλλι *Sinularia flexibilis* και έχει την ικανότητα να προκαλέσει την νέκρωση ιστών σε τοξικούς οργανισμούς. Αξίζει να αναφερθεί ότι μεταξύ του 2004 και του 2011 απομονώθηκαν 213 διτερπένια από είδη του γένους *Sinularia*, ορισμένα από τα οποία εμφανίζουν πιθανή αντιφλεγμονώδη, αντιαλλεργική και αντιπολλαπλασιαστική δράση (Chen et al., 2012). Μία άλλη ένωση της ίδιας κατηγορίας, με αλληλοπαθητική δράση, είναι το σεσκιτερπένιο 7-δεακετοξυ-ολεπουπούανιο που απομονώνεται από τον σπόγγο *Dysidea* sp.

Πρόσφατα η Θαλάσσια Βιοτεχνολογία έχει εστιάσει στη δράση τερπενίων που απομονώνονται από φύκη, όπως από το κόκκινο φύκος του γένους *Laurencia* (της οικογένειας *Rhodomoelaceae* και της τάξης των *Ceramiales*) το οποίο περιλαμβάνει περί τα 135 είδη σε διεθνές επίπεδο. Τα είδη αυτά αποτελούν πηγή απομονώσιμων αλογονωμένων τερπενίων με βιοδραστικές λειτουργίες. Το γένος *Laurencia* συνιστά την πρώτη αναγνωρισμένη πηγή αλογονωμένων φυσικών προϊόντων. Σε αυτή την περίπτωση, η απομονωμένη λαουριντερόλη καταγράφηκε ως το πρώτο βρωμιωμένο τερπένιο και φαίνεται ότι εμφανίζει αντιφλεγμονώδη δράση *in vitro*. Πέραν της λαουριντερόλης, αντιφλεγμονώδη δράση εμφανίζουν οι 5β-υδροξυπαλισαδίνη, η παλισαδίνη B, η παλισόλη και η πασιφιγοργιόλη, ενώσεις που έχουν απομονωθεί από το είδος *Laurencia snackeyi*. Επιπροσθέτως, από μαλαισιανά είδη του γένους *Laurencia* έχει απομονωθεί ένα βρωμιωμένο διτερπένιο που εμφανίζει αντιβακτηριακή δράση (Haefner, 2003). Στους βιοδραστικούς

αλογονωμένους μεταβολίτες με αντιβακτηριακή δράση συγκαταλέγονται επίσης η ελατόλη και η ισοβουσόλη, οι οποίες μπορούν να απομονωθούν από το είδος *Laurencia majuscula*. Οι Ji et al. (2008) ανέφεραν την απομόνωση αλογονωμένων τερπενίων (συμπεριλαμβανομένων επτά διτερπενίων, δύο πολυαιθερικών τριτερπενίων και του νεολαουραλλενίου) από το είδος *Laurencia saitoi*. Οι παραπάνω ενώσεις εμφανίζουν σημαντική εκλεκτικότητα υποστρώματος η οποία συνεπάγεται στερεοεκλεκτική ικανότητα που πιθανότατα προσδίδει ιδιαίτερες βιοδραστικές ικανότητες στα συγκεκριμένα συστατικά.

Η διερεύνηση των θαλάσσιων στεροειδών και στερολών ξεκίνησε από τη στιγμή που παρατηρήθηκε ότι στα θαλάσσια οικοσυστήματα συναντάται πολύ μεγαλύτερη ποικιλία δομικών διαφοροποιήσεων των συγκεκριμένων ενώσεων εν σχέσει με τις αντίστοιχες που έχουν απομονωθεί από χερσαίους οργανισμούς. Κατά συνέπεια, οι συγκεκριμένες ενώσεις συνιστούν ερευνητικό αντικείμενο της σύγχρονης Φαρμακευτικής (Ivanchina et al., 2011). Η βιοδραστικότητα της συγκεκριμένης κατηγορίας ενώσεων έχει αποδοθεί στις ασυνήθεις παράπλευρες αλυσίδες που προσαρμόζονται στον στεροειδικό σκελετό (Giner, 1993). Μεταξύ των θαλάσσιων οργανισμών οι σπόγγοι συνιστούν την πλουσιότερη πηγή στερολών. Για παράδειγμα, ο θαλάσσιος σπόγγος *Petrosia weinbergi* περιέχει μια σειρά σημαντικών στερολών, όπως ισοφουκοστερόλης και κλειοναστερόλης που εμφανίζουν αντιική δράση. Οι οξυστερόλες, όπως η 5α-χοληστανή-εξανόλη, η οποία μπορεί να απομονωθεί από τον αστερία *Hippasteria kurilensis* φαίνεται ότι εμφανίζουν μία προστατευτική δράση έναντι της πρωτεΐνης του β-αμυλοειδούς η οποία σχετίζεται με τη νόσο του Alzheimer. Επίσης, η φουκοστερόλη που μπορεί να απομονωθεί από το είδος *Pelvitia siliquosa* εμφανίζει αντιδιαβητική και αντιοξειδωτική δράση. Η σαρινγκοστερόλη, παράγωγο της φουκοστερόλης, απομονώνεται από το καφέ φύκος *Lessonia nigrescens* και μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη του *Mycobacterium tuberculosis*. Σύμφωνα με περαιτέρω έρευνες, η εν λόγω ένωση δεν έχει κυτταροτοξική δράση στους οργανισμούς των θηλαστικών, με αποτέλεσμα να αποτελεί μία πιθανή φαρμακευτική ένωση για την αντιμετώπιση της φυματίωσης (Wachter et al., 2001). Ο αστερίας *Linckia laevigata* αναφέρεται ότι εμφανίζει την πλέον ενδιαφέρουσα ποικιλία στερολών, συμπεριλαμβανομένου του πολυυδροξυλιωμένου στεροειδούς γλυκοζίτη L1, ενός νευριτογόνου συστατικού το οποίο μπορεί να βοηθήσει την αντιμετώπιση νευρικών κυττάρων που έχουν υποστεί βλάβη. Επομένως, ενδέχεται να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φάρμακο κατά των νευροεκφυλιστικών παθήσεων (Kicha et al., 2007).

Μία άλλη τάξη δευτερογενών μεταβολιτών γνωστών για την αντιοξειδωτική τους δράση είναι οι πολυφαινόλες, οι οποίες συναντώνται σε φύκη. Οι ενώσεις αυτές αλληλεπιδρούν με τις ταννίνες και από τα καφέ φύκη μπορούν να απομονωθούν ως φλωροταννίνες. Τα εν λόγω συστατικά

συγκροτούν το κυρίως σώμα του κυτταρικού τοιχώματος των καφέ φυκών, διαδραματίζοντας καίριο ρόλο στην προστασία των ειδών από την υπεριώδη ακτινοβολία και το οξειδωτικό στρες. Μεταξύ των ποικίλων θαλάσσιων φυκών, τα καφέ είδη όπως τα *Ecklonia cava*, *Eisenia arborea*, *Ecklonia stolonifera* και *Eisenia bicyclis* αναφέρονται ως οργανισμοί με μεγάλη περιεκτικότητα φλωροταννινών (Heo et al., 2009). Τα λειτουργικά οφέλη διαφορετικών φλωροταννινών έχουν προσελκύσει το επιστημονικό ενδιαφέρον. Τα συστατικά αυτά ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες, τις φλωραιθόλες, τις φουκόλες, τις φουκοφλωροαιθόλες και τις εκόλες. Μία εκόλη απομονωμένη από το είδος *E.bicyclis* φαίνεται να εμφανίζει αντιδιαβητική δράση, καθώς αναστέλλει τη γλυκοζυλίωση και τη δραστηριότητα της α -αμυλάσης. Μία εκόλη και μια διεκόλη που έχει απομονωθεί από το είδος *E.cava* αναστέλλει τη μελανογένεση και εμφανίζει προστατευτική δράση έναντι του φωτοοξειδωτικού στρες που επάγεται από την έκθεση σε ακτινοβολία UV-B. Η διοξινοδεϋδροεκόλη και η 7-φλωροεκόλη που επίσης απομονώνονται από το είδος *E.cava* εμφανίζουν πιθανή ευεργετική δράση έναντι του καρκίνου του μαστού. Επιπροσθέτως, η φλωροφουκοφουροεκόλη A του *Ecklonia stolonifera* μπορεί να περιορίσει την οξείδωση της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (low-density lipoproteins, LDL) που επάγεται από την επίδραση των ιόντων χαλκού. Επίσης, το παραπάνω μόριο μπορεί να αναστείλει τη δραστηριότητα του μετατρεπτικού ενζύμου της αγγειοτενσίνης (angiotensin converting enzyme, ACE), με αποτέλεσμα να καθίσταται υποψήφια δραστική ουσία έναντι των καρδιαγγειακών παθήσεων (Moon et al., 2012). Επίσης, οι Ahn et al (2004) έχουν αναφερθεί στη δράση των φλωροταννινών που απομονώνονται από το *E.cava* (εκόλης, φλωροφουκοφουροεκόλης A και 8,8-διεκόλης) ως παραγόντων αναστολής της δράσης της αντίστροφης μεταγραφάσης και της πρωτεάσης του ιού της επίκτητης ανοσολογικής ανεπάρκειας τύπου 1 (HIV-1). Με βάση τα παραπάνω, καθίστανται σαφή τα πιθανά οφέλη των φλωροταννινών που απομονώνονται από καφέ φύκη.

3.3. Πρωτεΐνες

Είναι γεγονός ότι τα περισσότερα συστατικά που χρησιμοποιούνται στη Θαλάσσια Βιοτεχνολογία ως πηγή για την ανάπτυξη φαρμακευτικών σκευασμάτων αποτελούνται κατά κόρον από πρωτεΐνες (π.χ. μικροάλγη, μυϊκοί ιστοί ψαριών, όστρακα και άλλα ασπόνδυλα) σε περιεκτικότητα μεταξύ 15 και 65% κ.β. Ακόμη, τα παραπροϊόντα της επεξεργασίας των ιχθυρών περιέχουν επίσης σημαντικές ποσότητες πρωτεϊνών (10-23% κ.β.) και μάλιστα υψηλής ποιότητας. Οι εν λόγω πόροι αντιμετωπίζονται από την Θαλάσσια Βιοτεχνολογία ως πιθανή πηγή σύνθεσης

βιοδραστικών πεπτιδίων και πρωτεϊνών, με το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους έναντι των συμβατικών φαρμακευτικών ουσιών να αντιστοιχεί στην υψηλή βιοδιαθεσιμότητά τους και τη βιολογική εξειδίκευση σε μόρια-στόχους. Επιπροσθέτως, τα συγκεκριμένα συστατικά εμφανίζουν χαμηλή τοξικότητα, δομική ποικιλία και χαμηλή τάση συσσώρευσης στους ιστούς των οργανισμών, με αποτέλεσμα να καθίστανται υποψήφια για χρήση σε φαρμακευτικά σκευάσματα. Ορισμένα πεπτίδια που αναστέλλουν τη δραστηριότητα του ACE έχουν απομονωθεί από τα μικροάλλη *Nannochloropsis oculata*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella ellipsoidea*, τα μακροάλλη *Porphyra yezoensis* και *Undaria pinnatifida*, καθώς και το μπλε μύδι (*Mytilus edulis*), το είδος *Acaudina molpadioidea* (ολοθουροειδές), το είδος *Styela plicata* (ασκιδιοειδές) και το είδος *Brachionus rotundiformis* (τροχοφόρο). Επίσης, πεπτίδιο του είδους *Chlorella ellipsoidea* εμφανίζει αντιοξειδωτική δράση. Πεπτίδιο που έχει απομονωθεί από το είδος *Theragra chalcogramma* (είδος γάδου της Αλάσκας) έχει την ικανότητα πρόσδεσης στο ασβέστιο, συμβάλλοντας στη διατήρηση της ομοιόστασης του ασβεστίου (η οποία συνδέεται με λειτουργίες της μάθησης και της μνήμης). Πεπτίδια που αντλούνται από τα ψάρια *Paralichthys olivaceus* (πράσινη χωματίδα), *Conger myriaster* (είδος χελιού) και *Katsuwonus pelamis* (είδος τόνου) εμφανίζουν αντιοξειδωτική δράση, ενώ ένα πεπτίδιο του είδους *Syngnathus schlegelii* (είδος συγγναθίνης) εμφανίζει αντιυπερτασική δράση, όπως επίσης και ένα πεπτίδιο που απομονώνεται από το ασκιδιοειδές *Styela clava*. Επίσης, σε ένα είδος στρειδιού (*Crassostrea gigas*) συναντάται πεπτίδιο που μπορεί να αναστείλει τη δραστηριότητα της HIV-1 πρωτεάσης (Samarakoon et al., 2015).

Επιπλέον, τα ένζυμα που προκύπτουν από τους θαλάσσιους οργανισμούς έχουν θεωρηθεί ως ελκυστικά βιοτεχνολογικά εργαλεία που μπορούν να συντεθούν με τη χρήση βιολογικού υλικού. Εμφανίζουν μεγάλο βαθμό εξειδίκευσης και υψηλή δραστικότητα ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σημαντικά ένζυμα που μπορούν να απομονωθούν από θαλάσσιους οργανισμούς και εμφανίζουν φαρμακευτικό ενδιαφέρον είναι τα ακόλουθα (Samarakoon et al., 2015):

1. Η χυμοθρυψίνη που απομονώνεται από το ψάρι *Gadus morhua* (είδος γάδου του Ατλαντικού Ωκεανού) που συνδέεται με την υδρόλυση πρωτεϊνών
2. Η τρανσγλουταμινάση που απομονώνεται από τον κυπρίνο *Cyprinus carpio* και δρα ως τρανσφεράση, ενώ συνδέεται με τη μεταβολή των ιξωδοελαστικών ιδιοτήτων των υλικών
3. Η α-D-γλυκοζιδάση που απομονώνεται από το μαλάκιο *Aplysia fasciata* και συνδέεται με την ενζυματική σύνθεση των ολικοσακχαριτών

4. Η συνθετάση του κιτρικού οξέος/κινάση του πυρουμενικού οξέος που απομονώνεται από το είδος *Meganocytrhanes porvegica* (κριλ) και αποτελεί ένα βασικό ένζυμο που συμμετέχει στις μεταβολικές διεργασίες
5. Η 2'-5'-ολιγοαδενυλική συνθετάση που απομονώνεται από τον σπόγγο *Geodia cydonium* και συνδέεται με τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος
6. Η ATP N-γλυκοζιδάση που απομονώνεται από τον σπόγγο *Axinella polyroides* και συνδέεται με την ενζυματική δραστηριότητα της νουκλεοτιδάσης δρώντας ως τρανσφεράση
7. Ένζυμο με ιωδολυτική δράση που απομονώνεται από το βακτήριο *Basillus clausii* ICTF-1 και είναι πιθανόν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών παθήσεων.

3.4. Μελλοντικές τάσεις

Αν και έως και τη δεύτερη δεκαετία του 21ου αιώνα έχει απομονωθεί ένας μεγάλος αριθμός θαλάσσιων φυσικών προϊόντων, μόλις ένας περιορισμένος αριθμός αυτών έχει αποκτήσει εμπορική αξία. Στο γεγονός αυτό συντελούν οι μικρές ποσότητες στις οποίες είναι δυνατόν να παραχθούν τα συστατικά αυτά, αλλά και διάφορες δυσκολίες στην απομόνωση και τον εξευγενισμό τους. Επιπλέον, οι φαρμακευτικές ουσίες χρειάζεται να διέλθουν προ-κλινικές και κλινικές φάσεις πριν καταστεί δυνατή η χρήση τους *in vivo*. Ενδεικτικά, οι διάφορες φάσεις κατά τις οποίες πραγματοποιούνται οι σχετικές δοκιμές μέχρις ότου ένα φαρμακευτικό σκεύασμα να εγκριθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Φαρμάκων ενδέχεται να κοστίσουν έως και 800 εκατομμύρια δολάρια, ενώ η υλοποίηση της διαδικασίας διαρκεί περίπου 10-15 έτη. Ορισμένες φαρμακευτικές ενώσεις που έχουν προκύψει από την έρευνα της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας και οι οποίες κυκλοφορούν στο εμπόριο ή ελέγχονται παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Η ανάπτυξη των φαρμακευτικών προϊόντων μπορεί να επιταχυνθεί με τη βοήθεια πρόσφατων τεχνικών που εμπύπτουν στους τομείς της γενωμικής, της μεταγενωμικής, της πρωτεωμικής, της τρανσκριπτομικής και της βιοπληροφορικής. Η υφιστάμενη πρόοδος στην έρευνα επί της δράσης των δευτερογενών μεταβολιτών των θαλάσσιων οργανισμών υπόσχεται πολλά στην ανάπτυξη των μελλοντικών φαρμακευτικών προϊόντων.

Πίνακας 3.1. Φαρμακευτικές ενώσεις που έχουν απομονωθεί από θαλάσσιους οργανισμούς και κυκλοφορούν στο εμπόριο ή ελέγχονται (Samarakoon et al., 2015).

Ένωση	Θαλάσσιος οργανισμός	Κατάσταση	Χρήση
Ζικονοτίδη	<i>Conus magus</i>	Εγκεκριμένη (2004)	Αναλγητικό (για χρόνιους πόνους)
Ara-A (Ακυκλοβίρη)	<i>Cryptotheca crypta</i>	Εγκεκριμένη (1981)	Αντιικό
Ara-C (Κυταραβίνη)	<i>Cryptotheca crypta</i>	Εγκεκριμένη (1969)	Αντικαρκινικό
ET-743	<i>Ecteinascidia turbinata</i>	Εγκεκριμένη (2007)	Αντικαρκινικό (για τον καρκίνο των ωοθηκών)
Ψευδοπτεροσίνη A	<i>Pseudopterogorgia elisabethae</i>	Εγκεκριμένη για χρήση σε προϊόντα φροντίδας της επιδερμίδας	Αντιφλεγμονώδες
Βιδαραβίνη	<i>Tethya crypta</i>	Εγκεκριμένη (1976)	Αντιικό
Μεσυλική εριβουλίνη	<i>Halichondria okadai</i>	Φάση III	Αντικαρκινικό
Σοβλιδοτίνη	<i>Symploca</i> sp.	Φάση II	Αντικαρκινικό
Πλιτιδεψίνη	<i>Aplidin albicans</i>	Φάση I/III	Αντικαρκινικό
Καχαλαδίδη F	<i>Elysia rubefescens</i>	Φάση II	Αντινεοπλασματικό
Απλυρονίνη A	<i>Aplysia kurodai</i>	Φάση I	Αντινεοπλασματικό
Διδεμίνη B	<i>Trididemnum soldium</i>	Φάση II	Αντινεοπλασματικό
Γρανουλατιμίδη	<i>Ascidian didemnum</i>	Φάση II	Αντικαρκινικό

4. ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι υδατοκαλλιέργειες συνιστούν τον τομέα της οικονομίας τροφίμων που γνωρίζει την ταχύτερη ανάπτυξη διεθνώς, σημειώνοντας αύξηση μεγαλύτερη του 10% ετησίως και επί του παρόντος συνιστούν την πηγή προέλευσης ενός ποσοστού των ψαριών και γαρίδων που είναι μεγαλύτερο του 50%. Αφορούν τη συστηματική εκτροφή υδρόβιων οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων ψαριών, μαλακίων, καρκινοειδών και υδρόβιων φυτών, ούτως ώστε να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση σε θαλασσινά (FAO, 2006).

Η παροχή κατάλληλων θρεπτικών συστατικών στους οργανισμούς που εκτρέφονται αντιπροσωπεύει περίπου το 40 έως 60% του συνολικού λειτουργικού κόστους, συνθήκη που συνιστά μία πρόκληση για τις μελλοντικές γενιές, καθώς επιδιώκεται η παροχή ισορροπημένου διαιτολογίου το οποίο θα εξασφαλίζεται με μικρότερο κόστος. Οι αυστηρότερες περιβαλλοντικές και υγειονομικές ρυθμίσεις αποθαρρύνουν τη χρήση πρωτεϊνών από ψάρια, ενώ η μερική ή η πλήρης τους υποκατάσταση με φυτικές πρωτεΐνες και σύνθετους υδατάνθρακες δεν έχει κριθεί ως αποτελεσματική εδώ και 15 έτη. Γίνεται, λοιπόν, λόγος για την ανάγκη ανάπτυξης «λειτουργικών τροφών» (“functional feeds”), δηλαδή τροφών οι οποίες δεν είναι συμβατικές και περιέχουν συστατικά που διασφαλίζουν την ανάπτυξη, την υγεία και τα περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα των υδατοκαλλιεργειών (Olmos et al., 2011). Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν λειτουργικοί υδατάνθρακες, όπως η χιτίνη και γλυκοζαμίνη. Εν γένει, οι υδατάνθρακες είναι η πλέον συνηθισμένη κατηγορία μακρομορίων στο θαλάσσιο περιβάλλον η οποία μάλιστα εμφανίζει μεγάλη ποικιλία ως προς τη δομή και τη λειτουργία. Ωστόσο, η συνθετότητα των δομών και η έλλειψη γνώσεων αναφορικά με την παρατηρούμενη ποικιλομορφία τους έχουν περιορίσει σημαντικά τη χρήση των υδατανθράκων ως λειτουργικών συστατικών. Παρ’ όλ’ αυτά, η χρήση τους, τόσο ως λειτουργικών τροφών, όσο και ως ενώσεων με θεραπευτική δράση έχει αρχίσει να αποτελεί αντικείμενο συστηματικών ερευνών και εφαρμογών. Μεταξύ των διαφόρων πηγών βιοδραστικών θαλάσσιων πολυσακχαριτών (ιδίως χιτίνης και γλυκοζαμίνης) χρησιμοποιούνται ευρύτατα τα φύκη (Laurienzo, 2010). Ιδιαίτερο είναι και το ενδιαφέρον στη χρήση της μικροάλγης (Σχήμα 4.1) ως πηγής πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (π.χ. που παράγονται από τα είδη *Cryptothecodinium cohnii* και *Schizochytrium* sp.), αμινοξέων, υδατανθράκων και βιταμινών (Blackburn και Lee-Chang, 2018).



Σχήμα 4.1. Μικροάλγη (Institute for Systems Biology, 2017).

Παράλληλα με την ανάγκη για χρήση λειτουργικών τροφίμων, οι υδατοκαλλιέργειες αντιμετωπίζουν την ανάγκη καταπολέμησης των διαφόρων ασθενειών των θαλάσσιων οργανισμών που εκτρέφονται. Στην εμφάνιση των συγκεκριμένων ασθενειών έχει συντείνει η μετάβαση από τις εκτατικές στις εντατικές υδατοκαλλιέργειες. Η χρήση των αντιβιοτικών και διαφόρων χημικών ενώσεων για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των ασθενειών έχει κριθεί ως ατελέσφορη, λόγω της δυνατότητας ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών ανθεκτικών στα χρησιμοποιούμενες φαρμακευτικές ενώσεις, της εξασθένησης του ανοσοποιητικού συστήματος των θαλάσσιων οργανισμών την οποία συνεπάγεται η χρήση τους, καθώς και της συσσώρευσης χημικών ενώσεων στους ιστούς των οργανισμών που εκτρέφονται, η οποία ενδέχεται να απειλήσει τη δημόσια υγεία. Ως εναλλακτική λύση έχει προταθεί τα τελευταία έτη η χρήση φυσικών ανοσοενισχυτικών ή/και ουσιών με φαρμακευτική δράση, όπως προβιοτικών, πρεβιοτικών, σύνθετων υδατανθράκων, διατροφικών παραγόντων, βοτάνων, ορμονών και κυτοκινών, ώστε να ενισχυθεί το ανοσοποιητικό σύστημα, παράλληλα με την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων οργανισμών και την προστασία τους από διάφορες ασθένειες. Μεταξύ των προταθέντων συστατικών συγκαταλέγονται θαλάσσια προϊόντα και, κυρίως, πολυσακχαρίτες (αλγινικό οξύ, λαμιναρίνη, θεική γαλακτάνη, καραγενάνη, φουκοειδίνη, ουλβάνη, χιτίνη, χιτοσάνη) που απομονώνονται από πράσινα (*Capsosiphon fulvescens*, *Ulva armoricana*), καφέ (*Cystoseira bartata*, *Cystoseira compressa*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborean*, *Saccharina cichorioides*) και ερυθρά (*Hypnea musciformis*) φύκη, γαρίδες (*Crangon crangon*, *Penaeus monodon*, *Litopenaeus vannamei*) και οστρακόδερμα (*Scylla serata*), όπως πρεβιοτικοί πολυσακχαρίτες. Είναι δε γεγονός ότι κατά τα τελευταία έτη

έχουν συσσωρευθεί αρκετά δεδομένα, που αφορούν τη χρήση πολυσακχαριτών από θαλάσσιους μύκητες στην εκτροφή ψαριών και γαρίδων, προς ενίσχυση του ανοσοποιητικού τους συστήματος ή/και για να δράσουν ευεργετικά με άλλους τρόπους, όπως ως αντιοξειδωτικά και αντιμικροβιακά συστατικά. Οι εν λόγω πολυσακχαρίτες μπορούν να προστεθούν άμεσα στις δεξαμενές εκτροφής, να δοθούν διά μέσου των τροφών ή με τη βοήθεια ένεσης (Mohan et al., 2019). Οι Mohan et al. (2019) σε συστηματική επισκόπηση 161 ερευνών που έχουν δημοσιευθεί μεταξύ του 1984 και του 2018 (σημειωτέον ότι το 88% αυτών δημοσιεύτηκαν μεταξύ 2004 και 2018, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι ένας σημαντικός αριθμός πολυσακχαριτών μπορούν να αποτελέσουν συστατικά, που ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα των εκτρεφόμενων θαλάσσιων οργανισμών ή/και προωθούν την ανάπτυξή τους και την απορρόφηση των τροφών από αυτούς, προστατεύοντάς τους αποτελεσματικά από βακτηριακές και ιικές μολύνσεις. Η επίδρασή τους στην προστασία των εκτρεφόμενων οργανισμών από μύκητες και παράσιτα παραμένει αβέβαιη, όπως επίσης και η επίδρασή τους στην έκφραση των γονιδίων που ρυθμίζουν τις λειτουργίες του ανοσοποιητικού συστήματος, αλλά και τη φυσιολογία του εντέρου των οργανισμών (Mohan et al., 2019).

Επίσης, ως εναλλακτικά συστατικά έναντι των αντιβιοτικών έχουν προταθεί πεπτίδια με αντιμικροβιακή δράση (antimicrobial peptides, AMPs), καθώς έως τώρα δεν έχει αναφερθεί κάποια αντίσταση των μικροοργανισμών στα εν λόγω πεπτίδια. Τα AMPs έχουν καταγραφεί ως κύρια εργαλεία του ενδογενούς ανοσοποιητικού συστήματος τα οποία δρουν ταχέως έναντι των μικροοργανισμών που μολύνουν τους θαλάσσιους οργανισμούς. Ως παραδείγματα των AMPs που έχουν απομονωθεί από θαλάσσιους οργανισμούς έχουν αναφερθεί οι πεναιδίνες που παράγονται από είδη γαρίδων, η μυτομικίνη που παράγονται από μύδια, η αλοκιδίνη που παράγεται από ασκιδιοειδή, η καλλινεκτίνη που απομονώνεται από το μπλε καβούρι, η μεγάλη δεφενσίνη που απομονώνεται από είδη της οικογένειας Limulidae και η κλαβασπιρίνη που απομονώνεται από το είδος *Styela clava* (De Jesus-Ayson, 2011).

Τέλος, έχει επιδιωχθεί η αξιοποίηση συστατικών που στοχεύουν στην καθεαυτή ανάπτυξη των θαλάσσιων οργανισμών που εκτρέφονται στις υδατοκαλλιέργειες. Στο πεδίο αυτό έχει εστιάσει η διαγονιδιακή έρευνα με αντικείμενο είδη ψαριών που χαρακτηρίζονται από σημαντική εμπορική αξία. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται η γενετική τροποποίηση των οργανισμών με τέτοιον τρόπο, ώστε αυτοί να παράγουν αυξητικές ορμόνες. Το 2015 ένας σολωμός κατέστη το πρώτο γενετικά τροποποιημένο ψάρι που θεωρήθηκε ως ασφάλης για κατανάλωση από το ευρύ κοινό. Ο σολωμός παρήγαγε αυξητική ορμόνη με τη βοήθεια ενός γονιδίου από τον σολωμό Chinook (FDA, 2015).

5. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Η πλειοψηφία των σεναρίων που έχουν προταθεί από τους ερευνητές και εδράζονται σε μία διεθνή αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τα επόμενα 20 έτη θεωρούν ότι τα επίπεδα των GHGs στην ατμόσφαιρα θα εξακολουθήσουν να παραμένουν σε υψηλά επίπεδα, αφού η συνεισφορά των ορυκτών καυσίμων στην ενέργεια και ιδιαίτερα στον τομέα των μεταφορών θα εξακολουθεί να παραμένει σημαντική (25% το 2040). Κύριο πεδίο έρευνας συνιστά ο περιορισμός των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου) από τα οχήματα. Τα τελευταία επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα και, εν γένει, τα οικοσυστήματα, όχι μόνον με την έκλυση αερίων θερμοκηπίου, αλλά και με την απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων συστατικών με τοξική δράση, όπως μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, αιωρούμενων σωματιδίων και πτητικών οργανικών ενώσεων (Volatile Organic Compounds, VOCs) (Tsita και Pilavachi, 2017).

Στο πλαίσιο αυτό γίνεται λόγος για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων τα οποία αντιμετωπίζονται ως μία εναλλακτική ενεργειακή πηγή, φιλικότερη προς το περιβάλλον σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές. Τα συγκεκριμένα καύσιμα παράγονται έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας και σε αυτά περιλαμβάνεται μία ποικιλία ενώσεων που έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις, κυρίως, γενιές. Η πρώτη περιλαμβάνει βιοκαύσιμα που έχουν προκύψει από την επεξεργασία προϊόντων «ενεργειακών» καλλιεργειών οι οποίες συμμετέχουν στη διατροφική αλυσίδα, ενώ η δεύτερη προϊόντα που έχουν προκύψει είτε από καλλιέργειες οι οποίες δεν συμμετέχουν στη διατροφική αλυσίδα είτε από προηγμένες τεχνολογικές μεθόδους. Οι δύο παραπάνω γενιές βιοκαυσίμων χαρακτηρίζονται από σοβαρά μειονεκτήματα. Το κύριο μειονέκτημα της πρώτης αφορά κυρίως τη δέσμευση καλλιεργήσιμης γης που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για διατροφικούς σκοπούς, ενώ για την παραγωγή των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς απαιτείται συχνά σημαντικό κόστος (π.χ. για την προμήθεια των κατάλληλων αντιδραστηρίων). Επομένως, αναζητήθηκε ως εναλλακτική λύση η ανάπτυξη του τομέα των βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς που συνδέεται άμεσα με το αντικείμενο της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας. Πρόκειται κυρίως για το βιοντήζελ, το οποίο παράγεται από μικροάλγη, τη βιοαιθανόλη που παράγεται από μικροάλγη, αλλά και για το βιοϋδρογόνο και το βιομεθάνιο τα οποία παράγονται επίσης από μικροάλγη.

Η μικροάλγη περιλαμβάνει μικροσκοπικούς οργανισμούς, που αναπτύσσονται αιωρούμενοι στο νερό, βάσει του ίδιου μηχανισμού φωτοσύνθεσης τον οποίον αξιοποιούν οι ανώτεροι φυτικοί οργανισμοί. Ωστόσο, σε αντίθεση με τους τελευταίους, η ανάπτυξη της μικροάλγης δεν

προϋποθέτει την ύπαρξη αγγειακού συστήματος εντός του οποίου πραγματοποιείται η μεταφορά θρεπτικών συστατικών, αφού κάθε κύτταρο είναι κατά βάση αυτόνομο και μπορεί να απορροφήσει τα επιμέρους θρεπτικά συστατικά από μόνο του. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα είδη της μικροάλγης μετατρέπουν το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα σε βιομάζα και οξυγόνο. Η μικροάγλη μπορεί να διπλασιάσει τη βιομάζα της μεταξύ 2 και 5 ημερών, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα χωρίς να χρησιμοποιούνται ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα και φυτοφάρμακα. Για συγκριτικούς λόγους, αναφέρεται ενδεικτικά ότι ο διπλασιασμός της χερσαίας φυτικής μάζας, ακόμη και της γενετικά τροποποιημένης, απαιτεί μερικούς μήνες, ενώ οι συγκεντρώσεις των ζωικών πρωτεϊνών διπλασιάζονται μέσα σε μία περίοδο ετών. Επιπροσθέτως, για να παραχθεί ίση ποσότητα πρωτεΐνης από σόγια, ενός συστατικού πλούσιου σε αμινοξέα, τα είδη της μικροάλγης καταναλώνουν ποσότητα νερού μικρότερη έως και κατά τρεις φορές. Επιπλέον, την παραγωγή ενέργειας με τη βοήθεια μικροάλγης, συγκριτικά με άλλες μορφές ΑΠΕ χαρακτηρίζει το πολύ μεγάλο πλεονέκτημα της δέσμευσης σημαντικών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με τους Χριστακόπουλο και Τόπακα (2015).

Ο βαθμός ανάπτυξης της μικροάλγης συναρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις παραμέτρους της καλλιέργειας, ενώ ο ορθολογικός χειρισμός τους είναι σε θέση να οδηγήσει σε μεγαλύτερες αποδόσεις παραγωγής εκείνων των μεταβολιτών που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την παραγωγή των βιοκαυσίμων. Στο τέλος του σταδίου της καλλιέργειας η βιομάζα της μικροάλγης, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της, είναι δυνατόν να μετατραπεί σε ενεργειακά προϊόντα με βιολογικές μεθόδους, όπως με ζύμωση, ή με εκχύλιση, ώστε να παραληφθούν τα λιπίδια που αποτελούν την πρώτη ύλη για την παραγωγή του βιοντήζελ, μετασχηματιζόμενα σε μεθυλεστέρες διά της μετεστεροποίησης. Ενδεικτικά, στον Πίνακα 5.1 παρατίθενται κάποια είδη μικροάλγης που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς, καθώς και η αντίστοιχη απόδοσή τους στο τελικό προϊόν.

Πίνακας 5.1. Απόδοση σε βιοκαύσιμο διαφόρων ειδών μικροάλγης (Χριστακόπουλος και Τόπακας, 2015).

Είδος μικροάλγης	Βιοκαύσιμο	Απόδοση
Dunaliella sp.	Βιοαιθανόλη	11.0 mg/g
Chlorococum sp.	Βιοαιθανόλη	3.83 g/L
Neochlorosis oleabundans	Βιοντήζελ	56.0 g/g
Chlorococum sp.	Βιοντήζελ	10.0 g/L

<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Βιοϋδρογόνο	2.5 mL/h
<i>Spirulina platensis</i>	Βιοϋδρογόνο	1.8 $\mu\text{mol}/\text{mg}$
<i>S. platensis</i> UTEX 1926	Βιομεθάνιο	0.40 m^3/kg
<i>Spirulina</i> Leb 18	Βιομεθάνιο	0.79 g/L

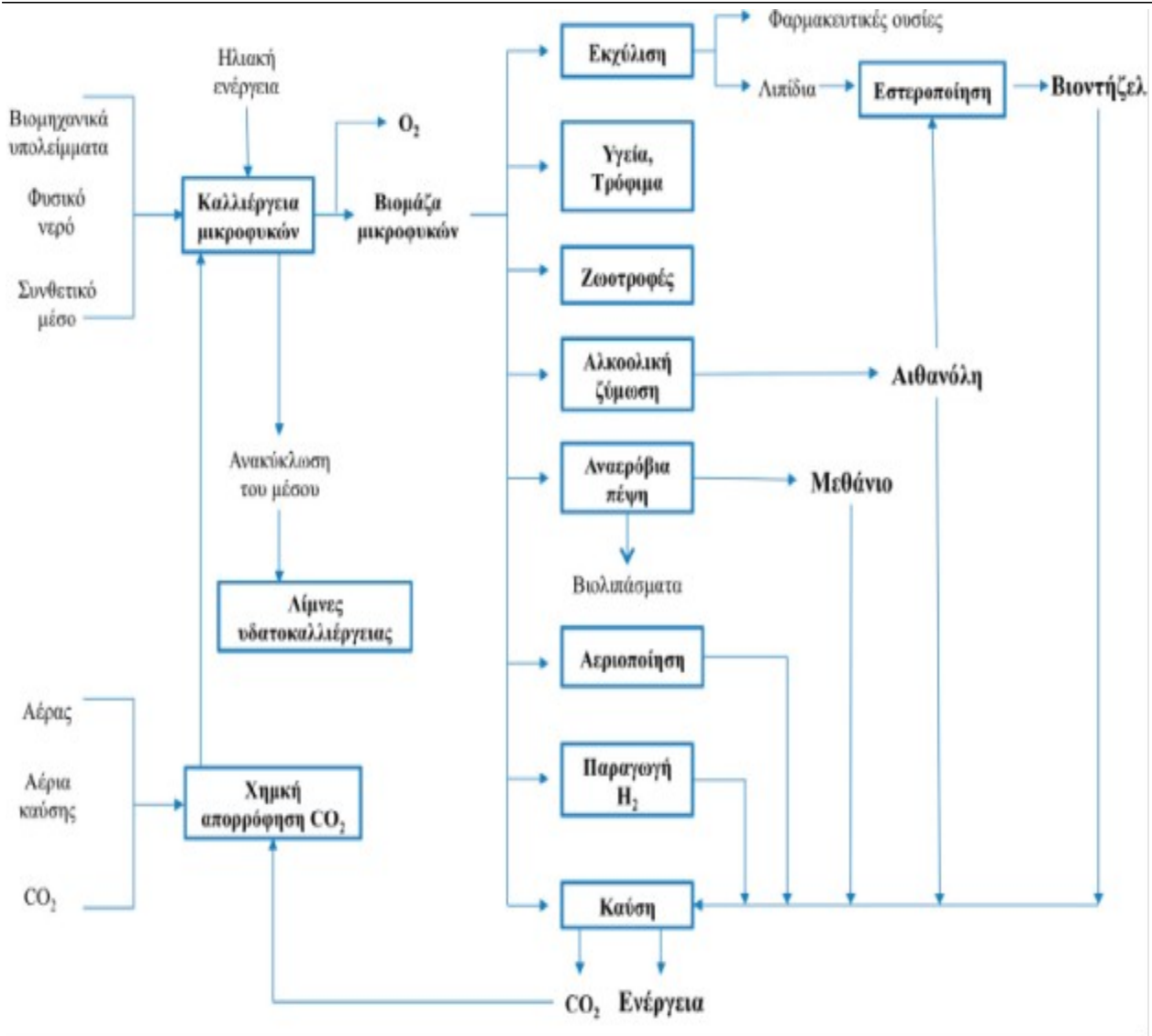
Τα μικροφύκη μπορούν να παραγάγουν μία ποικιλία ενώσεων κατά τη φωτοσύνθεση, αλλά και υπό συνθήκες απουσίας ηλιακής ακτινοβολίας διά του καταβολισμού ενδογενών υδατανθράκων, διά της αναπνοής (υπό αερόβιες συνθήκες) ή διά της ζύμωσης (σε αναερόβιες συνθήκες). Τα ενδογενή συστατικά αποσυντίθενται αποκλειστικώς σε διοξείδιο του άνθρακα, κατά την αναπνοή σε αερόβιες συνθήκες, αλλά από την αναερόβια ζύμωση σχηματίζονται διάφορα τελικά προϊόντα, ένα εκ των οποίων είναι και η βιοαιθανόλη η οποία έχει χαρακτηριστεί ως μία από τις πλέον ελκυστικές ενεργειακές πηγές. Η έρευνα της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανίχνευση διαφόρων ειδών μικροφυκών που διαθέτουν την ικανότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων υδατανθράκων (π.χ. αμύλου), οπότε μπορούν να αποτελέσουν μία καλή εναλλακτική μορφή βιομάζας με στόχο να παραχθεί βιοαιθανόλη (Χριστακόπουλος και Τόπακας, 2015).

Κατά τα τελευταία έτη ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει εστιάσει στην απομόνωση ειδών μικροάλγης με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια τα οποία μπορούν να αποσπαστούν διά της εκχύλισης και να μετατραπούν σε βιοντήζελ. Οι πιλοτικές έρευνες εστιάζουν στην καλλιέργεια των ειδών αυτών σε μεγάλη κλίμακα (σε φωτοβιοαντιδραστήρες ή σε μεγάλες ανοιχτές δεξαμενές), παράλληλα με τη δέσμευση από αυτά διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από διάφορες παρακείμενες βιομηχανικές μονάδες.

Παράλληλα, είναι δυνατή η παραγωγή βιοϋδρογόνου σε συγκεκριμένες συνθήκες και με τη χρήση κλειστών συστημάτων, που καθιστούν δυνατή τη συλλογή του υδρογόνου. Τα είδη της μικροάλγης διαθέτουν εν γένει τις απαραίτητες γενετικές, ενζυμικές και μεταβολικές ιδιότητες που επιτρέπουν την φωτοπαραγωγή του υδρογόνου. Η απόδοση σε υδρογόνο συναρτάται με το ποσοστό των αποθηκευτικών υδατανθράκων οι οποίοι περιέχονται στη βιομάζα. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε μία εκ των βασικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής του βιοϋδρογόνου.

Τέλος, το βιοαέριο τρίτης γενιάς αποτελεί προϊόν της αναερόβιας χώνευσης της υδρόβιας βιομάζας των μικροφυκών. Το είδος της ανερόβιας χώνευσης που επιλέγεται καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το κόστος της συγκομιδής, αλλά και το κόστος της ξήρανσης της βιομάζας.

Στο Σχήμα 5.1 παρατίθεται ενδεικτικό διάγραμμα ροής παραγωγής βιοντήζελ τρίτης γενιάς με βάση την καλλιέργεια μικροάλης. Η μέθοδος περιλαμβάνει ένα στάδιο παραγωγής της βιομάζας στο οποίο υπεισέρχονται ως εισροές το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό, η ηλιακή ακτινοβολία και απαραίτητα θρεπτικά συστατικά (νιτρικά και φωσφορικά άλατα, σίδηρος κ.ά.). Η στρατηγική που αξιοποιείται ευρέως για να αναπτυχθεί η βιομάζα των μικροφυκών περιλαμβάνει τη χρήση θαλασσινού νερού εμπλουτισμένου με νιτρικά και φωσφορικά άλατα και με άλλα θρεπτικά συστατικά. Αν και το μέσον ανάπτυξης είναι σχετικά φτηνό, το κόστος μιας παραγωγικής μονάδας δυναμικότητας 100 tn βιομάζας μικροάλης σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 3000 \$/tn (Χριστακόπουλος και Τόπακας, 2015).



Σχήμα 5.1. Διάγραμμα ροής παραγωγής βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς από μικροάλγη (Χριστακόπουλος και Τόπακας, 2015).

Είναι γεγονός ότι η μισή βιομάζα μικροάλγης (επί ξηρής βάσης) αντιστοιχεί στον άνθρακα που προέρχεται από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα. Εκτιμάται, λοιπόν, ότι για την παραγωγή 100 tn βιομάζας μικροάλγης είναι απαραίτητη η δέσμευση 183 tn διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα θα πρέπει να παρέχεται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ βέλτιστη λύση συνιστά η αξιοποίηση ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται από βιομηχανίες (π.χ. μονάδες ηλεκτροπαραγωγής). Στην τελευταία περίπτωση το διοξείδιο του άνθρακα διατίθεται με ελάχιστο ή μηδενικό κόστος. Για την ανάκτηση της βιομάζας

των μικροφυκών απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία του μέσου ανάπτυξης στο στάδιο της παραγωγής. Το νερό, καθώς και τα θρεπτικά συστατικά που δεν έχουν καταναλωθεί, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Εν τέλει, η βιομάζα που έχει παραληφθεί στο στάδιο της συγκομιδής εκχυλίζεται με μη πολικό διαλύτη, ώστε να ανακτηθούν τα λιπαρά οξέα, τα οποία τρέπονται σε βιοντήζελ με την αξιοποίηση της συμβατικής τεχνολογίας. Η διεργασία της εκχύλισης συνιστά μια σχετικά εύκολη διαδικασία, που περιλαμβάνει τη χρήση κατάλληλου μέσου εκχύλισης (π.χ. κ-εξάνιο), το οποίο στη συνέχεια ανακτάται και, εν τέλει, ανακυκλώνεται ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί.

Μετά τη διεργασία της εκχύλισης των ελαίων, το υπόλειμμα της παραχθείσας βιομάζας μικροφυκών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί, τουλάχιστον εν μέρει, ως ζωοτροφή υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και ενδεχομένως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας σε μικρές ποσότητες. Σε κάθε περίπτωση, τα έσοδα που προκύπτουν από την πώληση υπολειμμάτων της βιομάζας μπορούν να καλύψουν το κόστος της παραγωγής του βιοντήζελ. Εν τούτοις, στις περισσότερες περιπτώσεις το υπόλειμμα της βιομάζας της μικροάλγης το οποίο παράγεται από την εκχύλιση των λιπιδίων μπορεί να οδηγηθεί προς αναερόβια χώνευση με στόχο την παραγωγή βιοαερίου. Το τελευταίο μπορεί να αποτελέσει κύρια ενεργειακή πηγή για το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγικής διαδικασίας. Πέραν τούτου, προβλέπεται παραγωγή ενεργειακού πλεονάσματος το οποίο και μπορεί να διατεθεί προς πώληση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, με αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση του κόστους της συνολικής παραγωγικής διαδικασίας. Τέλος, μπορούν να προκύψουν έσοδα και από την πώληση λιπάσματος πλούσιου σε θρεπτικά συστατικά αλλά και νερού άρδευσης που παράγονται κατά τη φάση της αναερόβιας χώνευσης. Η τεχνολογία της τελευταίας, καθώς και εκείνη της μετατροπής του ενεργειακού περιεχομένου του παραγόμενου βιοαερίου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι καλώς αναπτυγμένες. Επιπλέον, το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα από την καύση του βιοαερίου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί (να ανακυκλωθεί) προς παραγωγή της βιομάζας των μικροφυκών. Η θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της χωνευμένης βιομάζας και συνήθως κυμαίνεται από 16,200 kJ/m³ έως 30,600 kJ/m³. Η απόδοση δε της βιομάζας σε βιοαέριο είναι μεταξύ 0.15 m³/kg έως 0.65 m³/kg ξηράς βιομάζας. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις μέσες τιμές αυτών των ευρών η παραγωγή βιοαερίου από τα υπολείμματα των μικροφυκών (μετά την αφαίρεση των λιπιδίων τους σε ποσοστό 30%) μπορεί να αποδώσει 9360 MJ ανά tn. Η εν λόγω ενέργεια κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική και είναι σε θέση να στηρίξει την παραγωγική διαδικασία της ανάπτυξης βιομάζας μικροάλγης. Στην ιδεατή περίπτωση, το βιοντήζελ τρίτης γενιάς κρίνεται ουδέτερο ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς η απαιτούμενη για την παραγωγή της βιομάζας

και την επεξεργασία της μικροάλγης ενέργεια είναι δυνατόν να προέλθει από το βιοντήζελ και το βιομεθάνιο το οποίο παράγεται διά της αναερόβιας χώνευσης του υπολείμματος βιομάζας. Ωστόσο, αν και το βιοντήζελ τρίτης γενιάς θεωρείται ουδέτερο ως προς τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, το γεγονός αυτό δεν οδηγεί στην καθαρή μείωση των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα που έχει συσσωρευτεί λόγω της καύσης συμβατικών καυσίμων (Χριστακόπουλος & Τόπακας, 2015).

Η παραγωγή βιοντήζελ τρίτης γενιάς προϋποθέτει την ανάπτυξη μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας μικροάλγης, που είναι εφικτή μόνον με την καλλιέργεια αυτής σε φωτοβιοαντιδραστήρες. Με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους της παραγωγικής διαδικασίας η διεργασία σχεδιάζεται με τέτοιον τρόπο ώστε να αξιοποιείται πλήρως το ελεύθερα διαθέσιμο ηλιακό φως. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση η παραγωγή επηρεάζεται από ποικίλες διακυμάνσεις της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, καθημερινής ή εποχιακής φύσης. Για αυτό τον σκοπό έχουν σχεδιαστεί φωτοβιοαντιδραστήρες διαφορετικών τύπων, σημαντικότεροι από τους οποίους είναι οι αυλωτοί φωτοβιοαντιδραστήρες (Σχήμα 5.2) ως προς την αποτελεσματικότητά τους.

Γενικά, ο συνδυασμός βιοκαυσίμων από μικροφύκη με την παραγωγή χημικών ενώσεων υψηλής προστιθέμενης αξίας, σε αντιστοιχία με την ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών από άποψη κόστους-οφέλους βιοαντιδραστήρων, συνιστά έναν παραγωγικό τομέα υπό ευρεία έρευνα και ανάπτυξη και εκτιμάται ότι θα καταστήσει στο προσεχές μέλλον την παραγωγή βιοκαυσίμων αρκετά προσοδοφόρα από περιβαλλοντική και οικονομική άποψη (Ago, 2016).



Σχήμα 5.2. Αυλωτοί φωτοβιοαντιδραστήρες (Johnson και Wen, 2009).

6. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η δυνατότητα ενίσχυσης της αναπαραγωγής ορισμένων θαλάσσιων οργανισμών μπορεί εν μέρει να θεωρηθεί ως επιμέρους τομέας των εφαρμογών της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας στην ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών, καθώς για την αποτελεσματική εκτροφή ενός είδους απαιτείται η δυνατότητα ελέγχου της αναπαραγωγής του. Εξάλλου, διάφορα είδη ψαριών δεν αναπαράγονται αυθόρμητα, όταν διαβιούν σε περιορισμένες ή/και ελεγχόμενες συνθήκες. Οι συνήθεις μέθοδοι υποβοήθησης της αναπαραγωγής περιλαμβάνουν την εξωτερική προώθησή της με τον έλεγχο περιβαλλοντικών παραμέτρων ή άμεση χορήγηση ορμονών απελευθέρωσης γοναδοτροπίνης. Στο παρελθόν οι συγκεκριμένες ορμόνες παράγονταν σε μικρές ποσότητες με εξαγωγή και απομόνωσή της από την υπόφυση χιλιάδων ψαριών. Σήμερα, ωστόσο, είναι δυνατή η παραγωγή ορμονών υψηλής καθαρότητας στο εργαστήριο διά της εφαρμογής τεχνικών ανασυνδυασμένου DNA. Η ενίσχυση της αναπαραγωγής μπορεί να πραγματοποιηθεί με άμεση έγχυση των ορμονών στους οργανισμούς, όπως επί παραδείγματι στους τόνους (Σχήμα 6.1). (ESF, 2010; De Jesus-Ayson, 2011).



Σχήμα 6.1. Έγχυση ορμονών σε τόνους (ESF, 2010).

Επίσης, ο ερμαφροδιτισμός συνιστά σύνηθες φαινόμενο σε αρκετά ψάρια που κατοικούν σε κοραλλιογενές περιβάλλον. Κάποια είδη είναι αρσενικά κατά τα πρώιμα στάδια της ζωής τους και

γίνονται θηλυκά κατά τα ύστερα στάδια ή αντιστρόφως. Εφόσον για την ανάπτυξη των εν λόγω ειδών απαιτείται η παρουσία και των δύο φύλων, είναι δυνατή η τροποποίηση του φύλου των ειδών αυτών τη στιγμή που οι συγκεκριμένοι οργανισμοί φθάνουν στο ώριμο στάδιο της ζωής τους με την εφαρμογή μεθόδων Γενετικής Μηχανικής (De Jesus-Ayson, 2011). Εναλλακτικά, η τροποποίηση του φύλου μπορεί να πραγματοποιηθεί με χορήγηση μεθυλο-τεστοστερόνης στην περίπτωση που επιδιώκεται ο αρσενικός φαινότυπος. Στην περίπτωση δε που επιζητείται η ανάπτυξη ψαριών με υψηλή εμπορική αξία είναι δυνατόν να επαχθεί τριπλοειδία με θερμικό σοκ ή σοκ πρέσεως, ούτως ώστε να απενεργοποιηθεί το σπέρμα των ψαριών (ESF, 2010).

7. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΟΣΜΗΤΙΚΗΣ

Η χρήση παραγώγων θαλάσσιων οργανισμών για την παρασκευή καλλυντικών είναι γνωστή εδώ και αιώνες. Η αξιοποίησή τους ερμηνεύεται από το γεγονός ότι οι θαλάσσιοι οργανισμοί, όπως εξάλλου έχει ήδη αναφερθεί, παράγουν μία ποικιλία ενώσεων που τους επιτρέπουν να προσαρμοστούν σε ακραιές περιβαλλοντικές συνθήκες. Ορισμένες από αυτές τις ενώσεις χρησιμοποιούνται στην κοσμητική για τους εξής λόγους:

1. Διαθέτουν ελκυστικές φυσικοχημικές λειτουργικές ικανότητες που αναβαθμίζουν το κοσμητικό προϊόν, προσδίδοντάς του επιθυμητή ύφή ή/και χρώμα ή δρώντας ως γαλακτωματοποιητές.
2. Διαθέτουν βιοδραστικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένης της επαναμεταλλικοποίησης, της μαλακτικής ικανότητας, της ενυδάτωσης, της αντιοξειδωτικής ικανότητας και της συμπεριφοράς τους ως μέσα αντηλιακής προστασίας.

Κατά τα τελευταία έτη οι προβληματισμοί αναφορικά με την καταλληλότητα των ενώσεων που έχουν συντεθεί στο εργαστήριο και χρησιμοποιούνται στην κοσμητική, όπως επίσης και η γενική αύξηση της ζήτησης σε φυσικά προϊόντα έχουν ωθήσει τις εταιρείες παρασκευής καλλυντικών να εστιάσουν στην έρευνα σε ουσίες που απομονώνονται από θαλάσσιους οργανισμούς, παρ' όλο που γενικά τα φυσικά καλλυντικά συνιστούν ένα μικρό τμήμα της αγοράς σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα (Alcade-Perez, 2008). Τα είδη μικροάλης και μακροάλης έχουν αξιοποιηθεί στην παρασκευή προϊόντων περιποίησης του προσώπου και της επιδερμίδας σε κρέμες καταπολέμησης του γήρατος και με ικανότητες αναζωογόνησης και μαλακώματος του δέρματος. Επίσης, χρησιμοποιούνται στην παρασκευή προϊόντων αντιμετώπισης του ερεθισμού της επιδερμίδας, προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία και περιποίησης των μαλλιών. Τα

συγκεκριμένα προϊόντα είναι διαθέσιμα στο εμπόριο και βασίζονται στη χρήση βιταμινών, ιχνοστοιχείων, πρωτεϊνών, αμινοξέων, λιπιδίων, τερπενοειδών, πολυφαινόλων, πολυσακχαριτών και ενζύμων. Ορισμένα από αυτά, όπως τα προϊόντα spa, προέρχονται από φύκη που έχουν καλλιεργηθεί εντατικά (Balboa et al., 2015).

Πέραν της μικροάλγης και της μακροάλγης έχουν χρησιμοποιηθεί και ψάρια που συνιστούν πηγή ζελατίνης και κολλαγόνου, αλλά και κοράλλια και οστρακόδερμα από τα οποία έχουν απομονωθεί τετραφωσφορική διγουανοσίνη, χιτίνη, χιτοσάνη και ασταξανθίνη (Kim et al., 2008).

Σε ό,τι αφορά τις επιφανειοδραστικές ουσίες και τους γαλακτωματοποιητές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κοσμητική, αυτά περιλαμβάνουν διάφορες ενώσεις από είδη που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 2 (π.χ. των γενών *Pseudomonas*, *Myroides*, *Streptomyces*, *Halomonas*, *Rhodococcus*, *Nocardiosis* κ.ο.κ.).

Από την άλλη, τα φύκη αποτελούν τη βασική πηγή για την απομόνωση πηκτωματοποιητών, σταθεροποιητών και διογκωτικών παραγόντων στη μορφή φυκοκολλοειδών που περιλαμβάνουν το αλγινικό οξύ, την καραγενάνη και το άγαρ. Μπορούν επίσης να δράσουν αντιτραυματικά για τη φροντίδα της επιδερμίδας. Παρόμοιες ιδιότητες εμφανίζουν και η χιτοσάνη και η χιτίνη οι οποίες μπορούν να απομονωθούν από οστρακόδερμα (αστακό, καβούρι, γαρίδα, κριλ κ.ά.), δακτυλιοσκώληκες, μαλάκια, πράσινα και καφέ φύκη και από άλλους θαλάσσιους οργανισμούς. Επίσης, ως παρόμοια πρόσθετα χρησιμοποιούνται το κολλαγόνο από τα είδη *Scylla serrate*, *Chondrosia reniformis*, *Ircina fusca*, *Takifugu rubripes* και από δίλοβα μαλάκια (Balboa et al., 2015).

Ως χρωστικές ουσίες στην κοσμητική χρησιμοποιούνται η φυκοκυανίνη (από διάφορα κυανοβακτήρια), η β-φυκοερυθρίνη (από το είδος *Porphyridium cruentum*), η R-φυκοερυθρίνη (από το είδος *Corallina elongate*) και η ασταξανθίνη (*Penaeus semisulcatus*).

Αντιοξειδωτική δράση εμφανίζει μία πολύ μεγάλη ποικιλία ενώσεων που απομονώνονται από θαλάσσιους οργανισμούς, πολλές από τις οποίες έχουν μελετηθεί εις βάθος. Η ενδιαφέρουσα πτυχή των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων σχετίζεται όχι μόνον με την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων κοσμητικής, διά μέσου της επιβράδυνσης της οξειδωσης των λιπών και των ελαίων, αλλά ενισχύει την προσπάθεια του οργανισμού να αντιμετωπίσει τις αρνητικές συνέπειες των δραστικών μορφών οξυγόνου (reactive oxygen species, ROS). Η ανισορροπία μεταξύ της ταχύτητας παραγωγής των ROS και της ταχύτητας απομάκρυνσης αυτών από τους οργανισμούς συνεπάγεται οξειωτικό, που μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχές των φυσιολογικών μηχανισμών κυτταρικής σηματοδότησης και να συμβάλει στη γήρανση και την εμφάνιση χρονίων παθήσεων

(Batista Gonzalez et al., 2009). Καροτενοειδή και άλλα τερπενοειδή που αντλούνται από μικροάλλη, μακροάλλη και σπόγγους έχουν εμφανίσει ικανότητα απομάκρυνσης των ελευθέρων ριζών *in vitro*. Παρόμοιες ιδιότητες εμφανίζουν πεπτίδια τα οποία παράγονται από ενζυματική υδρόλυση πρωτεϊνών από παραπροϊόντα ψαριών, αλλά και φλωροταννίνες που αντλούνται από εκχυλίσματα καφέ φυκών. Οι βιταμίνες C και E, γνωστές για την αντιοξειδωτική τους δράση, μπορούν να απομονωθούν από είδη μακροάλλης και από διάφορα είδη ψαριών, περιορίζοντας τη δραστηριότητα των ελευθέρων ριζών και την ενδογενή ενζυμική ικανότητα της υπεροξειδικής δισμουτάσης και της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να αντιμετωπιστούν και από πολυσακχαρίτες μικρής μοριακής μάζας, που παράγονται με βάση υδατικά εκχυλίσματα και κλάσματα τα οποία προκύπτουν από τη χημική ή/και ενζυμική κατεργασία φυκών. Τα εκχυλίσματα που προκύπτουν από κατεργασία καφέ φυκών έχουν αποδειχθεί περισσότερο αποτελεσματικά σε σχέση με τα αντίστοιχα εκχυλίσματα από ερυθρά και πράσινα φύκη σε ό,τι αφορά την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, εξαιτίας της περιεκτικότητάς τους σε φλωροταννίνες και της βιολογικής δράσης ορισμένων παραγώγων της φλωρογλυκινόλης. Ορισμένοι από τους πολυσακχαρίτες εμφανίζουν ικανότητα επαναφοράς της δραστηριότητας των ενδογενών αντιοξειδωτικών ενζύμων και δρουν ως παράγοντας χηλικοποίησης ιόντων σιδήρου (Balboa et al., 2015).

Ορισμένα παράγωγα θαλάσσιων οργανισμών έχουν προταθεί ως παράγοντες αποχρωματισμού και λεύκανσης, που μπορούν να ενσωματωθούν σε προϊόντα κοσμητικής. Έρευνες επί της δράσης εκχυλισμάτων από τα άλλη *Endarachne binghamiae*, *Schizymenia dubyi*, *Ecklonia cava* και *Sargassum siliquastrum* έδειξαν ότι αυτά διαθέτουν την ικανότητα παρεμπόδισης της κυτταρικής σύνθεσης της μελανίνης και της δραστηριότητας της τυροσινάσης. Παρόμοια δράση εμφάνισε το κοζικό οξύ που απομονώθηκε από διάφορους θαλάσσιους μύκητες. Επίσης, οι φλωροταννίνες από καφέ φύκη έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικοί στην αντιμετώπιση δερματολογικών διαταραχών που σχετίζονται με τη μελανίνη (Balboa et al., 2015).

Η χρήση φωτοπροστατευτικών παραγόντων επιβραδύνει την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διαδικασία της γήρανσης διά μέσου του περιορισμού των δυσμενών συνεπειών της δράσης των ελευθέρων ριζών. Το αυξημένο ενδιαφέρον του κοινού για τη σημασία της φροντίδας της επιδερμίδας και την προστασία της έναντι της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας συνεπαγόταν την ανάπτυξη προϊόντων κοσμητικής με φωτοπροστατευτική δράση. Σε ό,τι αφορά τις δραστικές ουσίες με φωτοπροστατευτική δράση που περιλαμβάνονται στα κοσμητικά σκευάσματα οι Balboa et al. (2015) έχουν καταγράψει τις ακόλουθες ομάδες, επιμέρους ενώσεις ή μείγματα:

1. Θαλασσιόλη B, που απομονώνεται από το είδος *Thalassia testudinum*

2. Καροτενοειδή που απομονώνονται από κυανοβακτήρια, βακτήρια, μύκητες, φυτοπλαγκτόν, είδη μακροάλης, φυτικά είδη και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς
3. Εκχυλίσματα μεθανολης που προέρχονται από το είδος *Corallina pilulifera*
4. Αμινοξέα τύπου μυκοσπορίνης (mycosporine-like amino acids, MAAs) που απομονώνονται από κυανοβακτήρια, μικροάλη, μύκητες, μακροάλη, κοράλλια, αρθρόποδα, τροχοφόρα, μαλάκια, ψάρια, κνιδόζωα, χιτωνόζωα, εχινόδερμα, πρωτόζωα, τα είδη *Gracilaria birdiae* και *G. domingensis* και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς
5. Φαινολικά εκχυλίσματα που προέρχονται από τα είδη *Macrocystis pyrifera*, *Porphyrta columbina*, *Sarcothalia radula* και *Gigartina skottsbergii*
6. Φλωροταννίνες (κυρίως διεκόλη) που απομονώνονται από το είδος *Ecklonia cava*
7. Πολυπεπτίδιο που απομονώνεται από το είδος *Chlamys farreri*
8. Σαργακινιοϊκό οξύ και σαργαχρωμενόλη που απομονώνονται από το είδος *Sargassum sargamianum*.

Στη γήρανση του δέρματος υπεισέρχονται μεταβολές των φυσικών ιδιοτήτων της επιδερμίδας και ορατά σημάδια της επιφάνειάς της λόγω της διάσπασης των εξωκυτταρικών δομών στα στρώματα της επιδερμίδας και του δέρματος. Ενδείξεις γήρανσης της επιδερμίδας αποτελούν η χαλάρωση, η εμφάνιση ρυτίδων και η ασυνήθιστη ξηρότητα. Για την καταπολέμηση της πρόωρης γήρανσης της επιδερμίδας έχουν χρησιμοποιηθεί οι αναγεννητικές ιδιότητες ορισμένων συστατικών από είδη κόκκινων φυκών, όπως του *Porphyrta atropurpurea* και *Chondrus crispus*, τα οποία έχουν αξιοποιηθεί παραδοσιακά για την αντιμετώπιση τραυμάτων και εγκαυμάτων (De Roeck-Holtzhauer, 1984).

Στις ενώσεις που εμποδίζουν τη μελανογένεση, αποτρέποντας κατ' αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη του δερματικού μελανώματος, μίας από τις πλέον επιθετικές μορφές καρκίνου, περιλαμβάνονται τα ακόλουθα συστατικά:

1. Η ανυδροφυτοσφιγγοσίνη ιασπίνη B που απομονώνεται από το είδος σπόγγου *Jaspis* sp.
2. Η διφλωραιθο-υδροξυκαρμαλόλη, η 7-φλωροεκόλη και η φουκοξανθίνη που απομονώνονται από το είδος *Ecklonia cava*
3. Η γεωτιδίνη A που απομονώνεται από το είδος *Geodia japonica*
4. Το κοζικό οξύ που απομονώνεται από διάφορους μύκητες

5. Η μαρινομυκίνη Α που απομονώνεται από είδη του γένους *Marinispora*
6. Φλωροταννίνες που απομονώνονται από καφέ φύκη
7. Η εκστολονόλη και η φλωροφουκοφουροεκόλη Α που απομονώνονται από το είδος *Ecklonia stolonifera*
8. Η εκόλη, η διεκόλη και η φλωρογλυκινόλη που απομονώνονται από τα είδη *Ecklonia cava* και *Ecklonia stolonifera*
9. Η πολυακετυλενική διδεοξυπετροσυνόλη που απομονώνεται από το είδος *Petrosia sp.*
10. Η φουκοϊδίνη που απομονώνεται από τα είδη *Sargassum sp.* και *Fucus vesiculosus*
11. Διάφορα εκχυλίσματα που προέρχονται από ψευδομονάδες (*Pseudomonas*).

Τέλος, συστατικά με αντιαλλεργική και αντιφλεγμονώδη δράση που χρησιμοποιούνται στην κοσμητική και απομονώνονται από θαλάσσιους οργανισμούς είναι τα ακόλουθα (Balboa et al., 2015):

1. Η 6,6'-διεκόλη, η 1-(3',5'-διυδροξυφαινοξυ)-7(2'',4'',6-τριυδροξυφαινοξυ)-2,4,9-τριυδροξυδιβενζο-1,4-διοξίνη και η διεκόλη που απομονώνονται από το είδος *Ecklonia cava*
2. Η εκόλη και η διεκόλη που απομονώνονται από το είδος *Ecklonia stolonifera*
3. Η εκόλη, η φλωροφουκοφουροεκόλη Α, η διεκόλη και η 8,8'-διεκόλη που απομονώνονται από τα είδη *Ecklonia bicyclis* και *E. kurome*
4. Η φλωροφουκοφουροεκόλη Β η οποία απομονώνεται από το είδος *Eisenia arborea*
5. Θεικοί πολυσακχαρίτες, όπως η φουκοειδίνη, η οποία απομονώνεται από καφέ φύκη, η πορφυράνη, που απομονώνεται από τα είδη *Porphyra tenera* και *P. yezoensis* και η σακράνη, η οποία απομονώνεται από το είδος *Arhanothese sacrum*
6. Το αλγινικό οξύ που απομονώνεται από καφέ φύκη.

Στην έρευνα επί των προϊόντων κοσμητικής εντάσσεται και ο τομέας ανάπτυξης προϊόντων θαλασσοθεραπείας. Σε αυτή την περίπτωση η εφαρμογή κοσμητικών προϊόντων που περιέχουν συστατικά μικροάλης έχει συσχετιστεί με τη λιπόλυση και την αναβάθμιση της εμφάνισης της επιδερμίδας. Με αυτές τις ιδιότητες έχει συσχετισθεί η δράση των παρακάτω συστατικών (Balboa et al., 2015) :

1. Της φουκοξανθίνης που απομονώνεται από καφέ φύκη, όπως το είδος *Undaria pinnatifida*
2. Της φουκοειδάνης που απομονώνεται από το είδος *Fucus vesiculosus*

3. Το υδατικό εκχύλισμα από τα είδη *Fucus vesiculosus* και *F. lumbricalis*
4. Το υδρογλυκερινικό εκχύλισμα από το είδος *Laminaria digitata*
5. Το υδρογλυκολικό εκχύλισμα από το είδος *Pelvetia canaliculata*
6. Το πλούσιο σε ροδιστερόλη ελαϊκό εκχύλισμα από το είδος *Gelidium cartilagineum*.

Τέλος, στην κοσμητική μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστατικά που αποτρέπουν την εμφάνιση διαταραχών που σχηματίζονται με τα μαλλιά, ήτοι (Balboa et al., 2015) :

1. Διεκόλη που απομονώνεται από τα είδη *Ecklonia cava* και *Fucus vesiculosus*
2. Τετραφωσφορική διγουανοσίνη που απομονώνεται από το είδος *Artemia salina*
3. Εκχύλισμα από το είδος *Gratelouppia elliptica*
4. Αιθανολικό εκχύλισμα από το είδος *Euchema cottonii*.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η ενδεικτική και συνοπτική ανάδειξη σημαντικών ερευνητικών τομέων, που αφορούν την ανθρώπινη υγεία και ευζωία, την οικονομία και την προστασία του περιβάλλοντος στους οποίους μπορεί να συνεισφέρει η απομόνωση συστατικών που παράγονται από μία ποικιλία θαλάσσιων οργανισμών στο πλαίσιο ανάπτυξης της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας. Οι εν λόγω ενώσεις εμφανίζουν μία πολύ μεγάλη δομική και λειτουργική διαφοροποίηση, γεγονός που έχει ερμηνευθεί στη βάση της φυσικής επιλογής, καθώς πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί έχουν υποχρεωθεί να προσαρμοστούν σε ακραίες συνθήκες αλατότητας, θερμοκρασίας, υδροστατική πίεσης κλπ. Ασφαλώς, μια τέτοια παρουσίαση των τομέων και των επιμέρους συστατικών μπορεί να είναι μόνον ενδεικτική, αφού εκατοντάδες είναι οι επιπλέον ενώσεις που έχουν μελετηθεί από τη σχετική έρευνα και εξακολουθούν να μελετώνται.

Στον τομέα της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος από διάφορους ρύπους και κυρίως από τα βαρέα μέταλλα και τους πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα συστατικά που δρουν ως γαλακτωματοποιητές ή/και επιφανειοδραστικές ουσίες, ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παρουσία των ρύπων αυτών στα θαλάσσια ύδατα.

Στον τομέα της υγείας έχει διερευνηθεί μια σειρά βιοδραστικών ουσιών με αντική, αντιβακτηριακή και αντιφλεγμονώδη δράση για την παρασκευή φαρμακευτικών σκευασμάτων. Αν

και επί του παρόντος είναι λίγα όσα έχουν διέλθει το στάδιο της έγκρισης για κατανάλωση από το ευρύ κοινό, οι ενδείξεις για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου τομέα είναι ενθαρρυντικές, καθώς αρκετές βιοδραστικές ουσίες εξετάζονται ήδη σε προ-κλινικό και σε κλινικό επίπεδο. Στην ανίχνευση, απομόνωση και την παραγωγή τους έχουν συντελέσει μια σειρά μεθόδων χημικής ανάλυσης και Μοριακής Γενετικής.

Καθώς η βιωσιμότητα των σύγχρονων υδατοκαλλιεργειών συχνά καθορίζεται στη βάση της δυνατότητας χορήγησης «λειτουργικών» τροφών στους εκτρεφόμενους θαλάσσιους οργανισμούς, την αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών που αυτοί εμφανίζουν και την υποβοήθηση της αναπαραγωγής τους, αντικείμενο της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει αποτελέσει η προσπάθεια εύρεσης κατάλληλων μη τοξικών συστατικών που μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων οργανισμών, να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό τους σύστημα και να συντελέσουν στη γενική ευρωστία και την ικανότητα αναπαραγωγής τους.

Έπειτα, η Θαλάσσια Βιοτεχνολογία συνεισφέρει σε μια διεθνή προσπάθεια για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων με την ανάπτυξη βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς, όπως βιοντήζελ, βιοαιθανόλη, βιοϋδρογόνο και βιομεθάνιο. Με την εφαρμογή αποδοτικών και καινοτόμων πρακτικών μπορεί να περιοριστεί κατά συνέπεια το οικολογικό αποτύπωμα του τομέα των μεταφορών στην περίπτωση που τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα αντικαθίστανται, τουλάχιστον εν μέρει, με τα εν λόγω βιοκαύσιμα.

Τέλος, η απομόνωση των φυσικών προϊόντων από τους θαλάσσιους οργανισμούς αφορά και τον τομέα της παραγωγής κοσμητικών προϊόντων, καθώς τα συστατικά που περιέχουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως δραστικές ουσίες είτε ως πρόσθετα δρώντας ως εξής:

1. Ως διογκωτικά
2. Ως χρωστικές ουσίες
3. Ως αντιαλλεργικά
4. Ως αντιφλεγμονώδη
5. Ως παράγοντες κατά της μελανογένεσης
6. Ως αντιοξειδωτικά
7. Ως πηκτωματοποιητές
8. Ως ουσίες με αντιρυτιδική και αντιγηραντική δράση
9. Ως φωτοπροστατευτικά

10. Ως ουσίες που συμβάλλουν στη λιπόλυση και την αναζωογόνηση της επιδερμίδας
11. Ως ουσίες που αποτρέπουν την εμφάνιση διαταραχών στα μαλλιά
12. Ως ουσίες που συμβάλλουν στον αποχρωματισμό και τη λεύκανση της επιδερμίδας.

Κατά συνέπεια, είναι σαφές ότι απαιτείται περισσότερο εντατική έρευνα στις δυνατότητες της Θαλάσσιας Βιοτεχνολογίας και, επομένως, η υλοποίηση κατάλληλων επενδύσεων, αφού το αντικείμενό της αφορά άμεσα την ανθρώπινη υγεία και την οικονομία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abraham, W.R., Meyer, H., Yakimov, M., 1998. Novel glycine containing glucolipids from the alkane using bacterium *Alcanivorax borkumensis*. *Biochim Biophys Acta* 1393, 57-62.
- Ahn, M.J., Yoon, K.D., Min, S. Y., Lee, J.S., Kim, J.H., Kim, T. G., Kim, S. H., Kim, N.G., Huh, H., Kim, J., 2004. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase and protease by phlorotannins from the brown alga *Ecklonia cava*, *Biol. Pharm. Bull.* 27, 544–547.
- Allameh, S.K., Yusoff, F.M., Ringo, E., Daud, H.M., Saad, C.R., Ideris, A., 2016. Effects of dietary mono and multiprobiotic strains on growth performance, gut bacteria and body composition of Javanese carp (*Puntius gonionotus*, Bleeker 1850). *Aquacult. Nutr.* 22, 367–373.
- Amaral, P.F.F., Da-Silva, J.M., Lehocky, M. et al., 2006. Production and characterization of a bioemulsifier from *Yarrowia lipolytica*. *Proc Biochem* 41, 1894-98.
- Aro, E.-M., 2016. From first generation biofuels to advanced solar biofuels. *Ambio.* 45(Suppl. 1), 24-31.
- Balboa, E.M., Conde, E., Soto, L., Perez-Armada, Dominguez, H., 2015. Cosmetics from Marine Sources. Στο: S.-E. Kim (επιμ.), *Handbook of Marine Biotechnology*. Trento: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, σσ. 1015-1042.
- Batista González, A.E., Charles, M.B., Mancini- Filho, J., Vidal Novoa, A., 2009. Seaweeds as sources of antioxidant phytomedicines. *Rev. Cubana Plant. Med.* 14, 1–18.
- Blackburn, S.I., Lee-Chang, K.J., 2018. *Microalgae: A Renewable Resource for Food and Fuels and More*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Bonilla, M., Olivaro, C., Corona, M. et al., 2005.. Production and characterization of a new bioemulsifier from *Pseudomonas putida* ML2. *J Appl Microbiol* 98, 456-63.
- Chen, W.-T., Li, Y., Guo, Y.-W., 2012. Terpenoids of *Sinularia* soft corals: chemistry and bioactivity. *Acta Pharmaceutica Sinica B* 2(3), 227-237.
- Das, P., Mukherjee, S., Sen, R., 2008. Improved bioavailability and biodegradation of a model polyaromatic hydrocarbon by a biosurfactant producing bacterium of marine origin. *Chemosphere* 72, 1229-34.

- Das, P., Mukherjee, S., Sivapathasekaran, C., Sen, R., 2010. Microbial Surfactants of Marine Origin: Potentials and Prospects. Στο: R. Sen (επιμ.), Biosurfactants. Austin, TX & Luxembourg: Landes Bioscience and Springer Science+Business Media.
- De Jesus-Ayson, E.G., 2011. Trends in Aquaculture and Fisheries Biotechnology: Current Applications in the Philippines. Στο: Selected Reviews in Biotechnology: Livestock, Forestry, and Fisheries. Lucena: ISAAA and BCP.
- De Roeck-Holtzhauer, Y., 1984. Intérêt Des Algues en Cosmétology et en Traitement Bucco-dentaire. Biarritz: Colloq. Assoc. Bucco-Dentaire.
- European Science Foundation (ESF), 2010. Marine Biotechnology: A New Vision and Strategy for Europe. Position Paper 15. Strasbourg: ESF Papers.
- European Commission (EC), 2012. Blue Growth opportunities for marine and maritime sustainable. Brussels: COM(2012) 494 final.
- European Commission (EC), 2020. Γαλάζια βιοτεχνολογία. [διαδικτυακά] Διαθέσιμο στο: <https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/biotechnology_el> [Ανακτήθηκε στις 20 Μαρτίου 2020].
- Fang, J., Zhang, J., Xiao, T. et al., 2016. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in Sanggou Bay China. Aquacul. Environ. Interact. 8, 201–205.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO Fisheries Department Publications.
- Giner, J.L., 1993. Biosynthesis of marine sterol side chains. Chem. Rev. 93, 1735–1752.
- Goutx, M., Mutaftshiev, S., Bertrand, J.C., 1987. Lipid and exopolysaccharide production during hydrocarbon growth of a marine bacterium from the sea surface. Mar Ecol Prog Ser 1987 40, 259-65.
- Gutiérrez, T., Mulloy, B., Bavington, C. et al., 2007a. Partial purification and chemical characterization of a glycoprotein (putative hydrocolloid) emulsifier produced by a marine bacterium. Appl Microbiol Biotechnol 76, 1017-1026.
- Gutiérrez, T., Mulloy B., Black K. et al., 2007. Glycoprotein emulsifiers from two marine Halomonas species: chemical and physical characterization. J Appl Microbiol 103, 1716-27.
- Haefner, B., 2003. Drugs from the deep: Marine natural products as drug candidates Reviews, Drug Discov. Today 8, 536–544.
- Heo, S.J., Ko, S.C., Cha, S.H., Kang, D.H., Park, H.S., Choi, Y.U., Kim, D., Jung, W.K., Jeon, Y.J., 2009. Effect of phlorotannins isolated from Ecklonia cava on melanogenesis and their protective effect against photo-oxidative stress induced by UV-B radiation. Toxicol. Vitro 23, 1123–1130.

- Ilori, M.O., Amobi C.J., Odocha, A.C., 2005. Factors affecting biosurfactant production by oil degrading *Aeromonas* spp. isolated from a tropical environment. *Chemosphere* 61, 985-992.
- Institute for Systems Biology, 2015. Microalgae As Biofactories of a Sustainable Future. [διαδικτυακά] Διαθέσιμο στο: <<https://www.systemsbiology.org/research/>> [Ανακτήθηκε στις 20 Μαρτίου 2020].
- Ivanchina, N.V., Kicha, A.A., Stonik, V.A., 2011. Steroid glycosides from marine organisms. *Steroids* 76, 425–454.
- Ji, N.Y., Li, X.M., Wang, B.G., 2008. Halogenated terpenes and a C15-Acetgenin from the marine red alga *Laurencia saitoi*, *Molecules* 13, 2894–2899.
- Jimeno, J., Faircloth, G., Sousa-Fero, J.M.F., Scheuer, P., Rinhart, K., 2004. New marine derived anticancer therapeutics – A journey from the sea to clinical trials. *Mar. Drugs* 2, 14–29.
- Johnson, M.B., Wen, Z., 2009. Production of Biodiesel Fuel from the Microalga *Schizochytrium limacinum* by Direct Transesterification of Algal Biomass. *Energy Fuels* 23(10), 5179-5183.
- Kicha, A.A., Ivanchina, N.V., Kalinovsky, A.I., Dmitrenok, P.S., Palyanova, N.V., Pankova, T.M., Starostina, M.V., Gavagnin, M., Stonik, V.A., 2007. New neuritogenic steroid glycosides from the Vietnamese starfish *Linckia laevigata*. *Nat. Prod. Com.* 2, 41–46.
- Kim, S.K., Ravichandran, Y.D., Khan, S.B., Kim, Y.T., 2008. Prospective of the cosmeceuticals derived from marine organisms. *Biotechnol. Bioprocess E* 13, 511–523.
- Kim, S.-E., 2019. *Essentials of Marine Biotechnology*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Kumar, A.S., Mody, K., Jha, B., 2007. Evaluation of biosurfactant/bioemulsifier production by a marine bacterium. *Bull Environ Contam Toxicol* 79, 617-21.
- Laurienzo, P., 2010. Marine Polysaccharides in pharmaceutical applications: An overview. *Mar. Drugs* 8(9), 2435–2465.
- Maneerat, S., Bamba, T., Harada, K. et al., 2006. A novel crude oil emulsifier excreted in the culture supernatant of a marine bacterium, *Myroides* sp. strain SM1. *Appl Microbiol Biotechnol* 70, 254-59.
- Maneerat, S., Diki, P., 2007. Characterization of cell-associated bioemulsifier from *Myroides* sp. SM1, a marine bacterium. *Songklanakarin J Sci Technol* 29, 769-79.

- Moon, H.E., Ahn, B.R., Jung, H.A., Choi, J.S., 2012. Inhibitory activity of *Ecklonia stolonifera* and its isolated phlorotannins against Cu²⁺ induced low-density lipoproteins (LDL) oxidation. *Food Sci. Technol.* 78, 928–934.
- Mohan, K., Ravichandran, S., Muralisankar, T., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., Seedeve, P., Abirami, R.G., Rajan, D.K., 2019. Application of marine-derived polysaccharides as immunostimulants in aquaculture: A review of current knowledge and further perspectives. *Fish and Shellfish Immunology* 86, 1177-1193.
- Neveux, N., Bolton, J.J., Bruhn, A., Roberts, D.A., Ras, M., 2018. The Bioremediation Potential of Seaweeds: Recycling Nitrogen, Phosphorus, and Other Waste Products. Στο: S. La Barre, S.S. Bates (επιμ.) *Blue Biotechnology-Production and Use of Marine Molecules*, Vol. 1. Weinheim: Wiley-VCH, σσ. 207-240.
- Olmos, S.J., Ochoa, S.J.L., Michel, J.P., Contreras, R., 2011. Functional feed assessment on *Litopenaeus vannamei* using 100% fish meal replacement by soybean meal, high levels of complex carbohydrates and *Bacillus* probiotic strains, *Mar. Drugs* 9, 6.
- Passeri, A., Schmidt, M., Haffner, T. et al., 1992. Marine biosurfactants. IV. Production, characterization and biosynthesis of an anionic glucose lipid from the marine bacterial strain MM1. *Appl Microbiol Biotechnol* 37, 281-86.
- Peng, F., Liu, Z., Wang, L. et al., 2007. An oil-degrading bacterium: *Rhodococcus erythropolis* strain 3C-9 and its biosurfactants. *J Appl Microbiol* 102, 1603-11.
- Pepi, M., Cesàro, A., Luit, G. et al., 2005. An antarctic psychrotropic bacterium *Halomonas* sp. ANT-3b, growing on n-hexadecane, produces a new emulsifying glycolipid. *FEMS Microbiol Ecol* 53, 157-66.
- Samarakoon, K.W., Elvitigala, D.A.S., Jeon, Y.-J., 2015. Marine-Derived Pharmaceuticals and Future Prospects. Στο: S.-E. Kim (επιμ.), *Handbook of Marine Biotechnology*. Trento: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, σσ. 957-968.
- Sode, K., Burgess, J.G., Matsunaga, T., 1996. Marine biotechnology based on marine microorganisms. *Adv. Mol. Cell Biol.* 15, 95–102.
- Thaniyavarn, J., Chongchin, A., Wanitsuksombut, N. et al., 2006. Biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* A41 using palm oil as carbon source. *J Gen Appl Microbiol* 52, 215-22.
- Thavasi, R., Jayalakshmi, S., Balasubramanian, T. et al., 2007. Biosurfactant production by *Corynebacterium kutscheri* from waste motor lubricant oil and peanut oil cake. *Lett Appl Microbiol* 45, 686-91.

- Tsita, K.G., Pilavachi, P.A., 2017. Decarbonizing the Greek road transport sector using alternative technologies and fuels. *Thermal Science and Engineering Progress* 1, 15-24.
- U.S. Food and Drug Administration (FDA). 2015. FDA Has Determined that the AquaAdvantage Salmon is as Safe to Eat as Non-GE Salmon. [διαδικτυακά] Διαθέσιμο στο: <<https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/fda-has-determined-aquadvantage-salmon-safe-eat-non-ge-salmon>> [Ανακτήθηκε στις 20 Μαρτίου 2020].
- Vasileva-Tonkawa, E., Gesheva, V., 2005. Glycolipids produced by Antarctic *Nocardioides* sp. during growth on n-paraffin. *Process Biochem* 40, 2837-91.
- Vasileva-Tonkova, E., Gesheva, V., 2007. Biosurfactant production by Antarctic facultative anaerobe *Pantoea* sp. during growth on hydrocarbons. *Curr Microbiol* 54, 136-41.
- Vidali, M., 2001. Bioremediation: an overview. *Pure Appl. Chem.* 73, 1163–1172.
- Wachter, G.A., Franzblau, S.G., Montenegro, G., Hoffmann, J.J., William, M.M., Timmermann, B.N., 2001. Inhibition of *Mycobacterium tuberculosis* growth by saringosterol from *Lessonia nigrescens*. *J. Nat. Prod.* 64, 1463–1464.
- Zinjarde, S., Chinnathambi, S., Lachke, A.H. et al., 1997. Isolation of an emulsifier from *Yarrowia lipolytica* NCIM 3589 using a modified mini isoelectric focusing unit. *Lett Appl Microbiol* 24, 117-21.
- Χριστακόπουλος, Π., Τόπακας, Ε. 2015. Βιοτεχνολογική παραγωγή βιοκαυσίμων. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών