

# Καινοτόμες Τεχνολογίες Υδατοκαλλιέργειας

«Υπάρχουσα κατάσταση και προοπτικές της καλλιέργειας εμπορικών μακροφυκών στη χώρα μας»

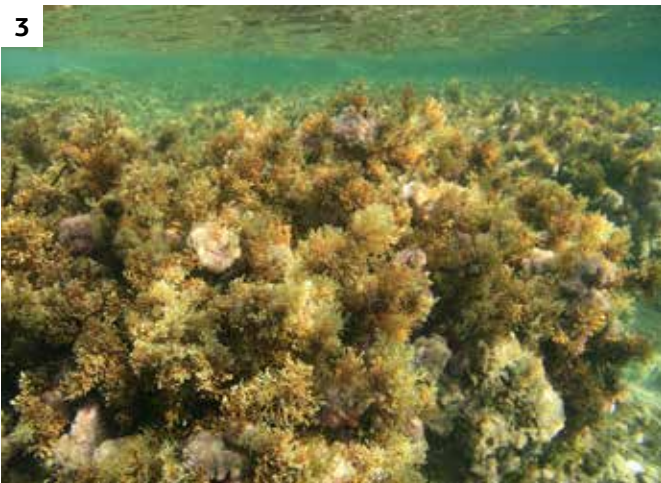


1

2



3



Δρ Σωτήριος Ορφανίδης, Τακτικός Ερευνητής

**Κ**άθε χρόνο παράγονται διεθνώς, μέσω καλλιέργειας, εικοσιτέσσερις περίπου εκατομμύρια τόνοι νωπής βιομάζας φυκών, τα περισσότερα μακροφύκη, δηλαδή φύκη ορατά με γυμνό οφθαλμό, αξίας περίπου 6,4 δισ. δολαρίων ΗΠΑ. Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας, η παραγωγή των καλλιεργούμενων μακροφυκών έχει διπλασιαστεί από το 2000 μέχρι το 2012.

Μία από τις σημαντικότερες χρήσεις των μακροφυκών είναι στην ανθρώπινη διατροφή, στην οποία προσθέτουν ιοδίνη, μέταλλα, και βιταμίνες που βοηθούν στη γρήγορη ανάπτυξη των παιδιών. Το ενδιαφέρον για διατροφή με μακροφύκη δεν περιορίζεται μόνο στον άνθρωπο, αλλά επεκτείνεται και στα ζώα. Για παράδειγμα, η καλλιέργεια φυτοφάγων ζωικών οργανισμών, όπως ο κοινός αχινός και το αυτί της θάλασσας (*haliotis*), απαιτούν διατροφή με μακροφύκη. Επιπλέον, μεγάλο ενδιαφέρον υπάρχει για αντικατάσταση μέρους των ζωικών πρωτεϊνών στις ιχθυοτροφές με φυτικές πρωτεΐνες. Πειράματα έδειξαν ότι η αντικατάσταση μέχρι του 10% των πρωτεϊνών των ιχθυαλεύρων με πρωτεΐνες των ειδών *Gracilaria bursa-pastoris* και *Ulva rigida* δεν έχει καμιά επίπτωση στην αύξηση, κατανάλωση τροφής ή σύνθεση της σάρκας των ψαριών.

Οι βιομηχανικά αξιοποιήσιμοι πολυσακχαρίτες των μακροφυκών (φυκοκολλοειδή) εμπίπτουν σε τρεις βασικές κατηγορίες: Το άγαρ και την καραγενάνη, οι οποίοι προέρχονται από ροδοφύκη (κόκκινα φύκη) και τα αλγινικά άλατα που προέρχονται από τα φαιοφύκη (καφέ φύκη). Αυτοί οι πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφής, στη βιομηχανία φαρμάκων, καλλυντικών και στην Ιατρική, τόσο για τη δημιουργία ηπκτινών, όσο και για την αδρανοποίηση των βιοκαταλυτών.

Η βιολογική δραστηριότητα των εκχυλισμάτων βρίσκει πολλές εφαρμογές στη φαρμακοβιομηχανία, στη βιοτεχνολογία, στη συντήρηση τροφών και ποτών, στην υφαντουργία και στις χρωστικές εκτύπωσης. Εξαιτίας του ιδιαίτερου οικονομικού ενδιαφέροντος για τη χώρα μας, αναφέρουμε ότι τα φυκοκολλοειδή, καραγενάνη και αλγινικά οξέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν



4



5



στη σταθεροποίηση των κρασιών χωρίς να επηρεάζουν τη σύνθεση των τανινών τους. Στη διεθνή αγορά υπάρχουν σήμερα πολλά προϊόντα που περιέχουν εκχυλίσματα μακροφυκών: οδοντόκρεμες, αφροί ξυρίσματος, παγωτά, τυριά, μπίρες, αφρόλουτρα. Προϊόντα με μακροφύκη που αφορούν τη φροντίδα προσώπου και σώματος, όπως άλατα μπάνιου, σαμπουάν, αφρόλουτρα, σαπούνια κ.λπ. χρησιμοποιούνται ευρέως για λόγους θεραπευτικούς και αισθητικής στα κέντρα θαλασσοθεραπείας, ευεξίας και καλάρωσης, γνωστά και ως SPA.

Η δυνατότητα των μακροφυκών να αξιοποιούν άλατα του αζώτου και του φωσφόρου, που περιέχονται στα απόβλητα της ιχθυοκαλλιέργειας στην αύξηση της βιομάζας τους, καθώς η δυνατότητά τους να βιορροφούν βαρέα μέταλλα, όπως του χαλκού, καδμίου, μόλυβδου κ.ά. έδωσε τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν σε συστήματα ολοκληρωμένης πολυτροφικής υδατοκαλλιέργειας (IMTA) και σε συστήματα βιολογικού καθαρισμού, αντίστοιχα. Μάλιστα, η χρησιμοποίηση των μακροφυκών ως βιοφίλτρων σε κλειστά κυκλώματα υδατοκαλλιέργειας συμβάλλει μέσω της αντιβακτηριακής δράσης τους και στη βελτίωση της υγείας των ψαριών.

Τελευταία, η ανάγκη για εξεύρεση νέων πηγών ενέργειας έχει ωθήσει τους επιστήμονες στην εξέταση της δυνατότητας αξιοποίησης των μακροφυκών στην παραγωγή βιοκαυσίμων.

### Ελληνική εμπειρία

Η ετυμολογία της λέξης "φτιασίδι" (πρόέρχεται από την αρχαιοελληνική λέξη "φύκι" που σημαίνει κοκκινάδι, καλλυντικό), δηλώνει τη χρήση των μακροφυκών ως καλ-

λυτικά προσώπου. Η καλή σχέση των Ελλήνων με τα φύκη και γενικότερα με τη θάλασσα, φαίνεται και από τη λατρευτική τους παράδοση. Στην Ελούντα της Κρήτης τα φύκια (πρόκειται μάλλον για είδη του γένους *Cystoseira*), σύμφωνα με το λατρευτικό έθιμο, θεωρούνται «ιερά» και έτσι συλλέγονται στη γιορτή της Ανάλιψης από τη θάλασσα, για οικογενειακή σταθερότητα και υγεία.

Η καλλιέργεια και η οικονομική αξιοποίηση των ενδημικών μακροφυκών στην Ελλάδα είναι σχεδόν άγνωστη. Στις περιπτώσεις που απαιτούνται προϊόντα, που προέρχονται από την επεξεργασία των μακροφυκών, π.χ. υγρό βιολογικό λίπασμα για τα θερμοκήπια, άγαρ για τη μικροβιολογία και βιομπανία τροφίμων, καλλυντικά, αυτά εισάγονται από το εξωτερικό.

Η συμμετοχή των μακροφυκών στη δίαιτα των Ελλήνων είναι πολύ μικρή έως μηδαμινή. Εξάριση αποτελεί το γηγενές είδος *Polysiphonia* sp., γνωστό ως «σαλάτα του γιαλού», το οποίο τρώγεται την άνοιξη των Χανίων της Κρήτης. Βέβαια, σε ορισμένα ασιατικά εστιατόρια, π.χ. Κινέζικα, προσφέρεται τροφή, όπως το sushi, που έχουν ως συστατικό είδη του γένους *Porphyra* ή *Pyropia*. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται ως περιτύλιγμα του ρυζιού, κάτι σαν τα ελληνικά αμπελόφυλλα στα «γιαπράκια».

### Προοπτικές αξιοποίησης των μακροφυκών στην Ελλάδα

Με δεδομένο το εμπορικό ενδιαφέρον και την Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την προστασία της βιοποικιλότητας, η οικονομική αξιοποίηση των μακροφυκών στη χώρα μας, είτε αυτοτελώς, είτε ως κομμάτι της υπάρχουσας ιχθυοκαλλιέργειας, προϋποθέτει την ύπαρξη: α) γηγενών ειδών με εμπορικό ενδιαφέρον και β) τεχνολογίας προσαρμοσμένη στις τοπικές συνθήκες.

α) Στις ακτές της χώρας αναπτύσσονται είδη με εμπορικό ενδιαφέρον που ανήκουν κατά κύριο λόγο στα γένη *Ulva*, *Gracilaria*, *Pyropia*, *Cystoseira*, *Sargassum*, *Asparagopsis*, *Chondrocarpus*, *Dictyopteris*, κ.λπ. Για τα περισσότερα από τα είδη υπάρχει επαρκής εμπειρία και γνώση για ελεγχόμενη καλλιέργεια, η οποία, ωστόσο, επικεντρώνεται στην κλίμακα του εργαστηρίου.

β) Η τεχνολογία της καλλιέργειας των μακροφυκών χωρίζεται σε δύο βασικούς τομείς: την καλλιέργεια σε κλίμακα εργαστηρίου και τη μαζική καλλιέργεια.

Ο πρώτος τομέας αφορά τη μελέτη της μορφολογίας, οικολογίας, του κύκλου ζωής και της καλλιέργειάς τους σε διάφορα θρεπτικά μέσα κάτω από απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες. Απώτερος σκοπός είναι η έρευνα ή η δημιουργία καλλιεργούμενων στελεχών με γρήγορη αύξηση (ταχυσυζή), μέσω της απομόνωσης στελεχών από φυσικούς πληθυσμούς, ή από υβριδισμό μεταξύ φυσικών στελεχών ή με μεθόδους μοριακής βιολογίας. Η τεχνολογία γι' αυτό το κομμάτι της καλλιέργειας των μακροφυκών είναι εν μέρη γνωστή στα εξειδικευμένα Εργαστήρια Θαλάσσιας Βοτανικής της χώρας μας, ιδιαίτερα στο «Θαλάσσιας Οικολογίας & Τεχνολογίας» του Ινστιτούτου Αλιευτικής Έρευνας του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ. Ο δεύτερος τομέας αφορά την καλλιέργεια των μακροφυκών σε μεγάλη κλίμακα στην ανοιχτή θάλασσα (open sea) και σε κερσαίες εγκαταστάσεις, δηλαδή δεξαμενές (tanks) ή λιμνοδεξαμενές (ponds). Η τεχνολογία εντατι-



6

**Εικόνα 1.** Υποθαλάσσια βλάστηση εύτροφης λιμνοθάλασσας την περίοδο της πληθυσμιακής έκρηξης του ροδοφύκου *Polysiphonia* sp.

**Εικόνα 2.** Υποθαλάσσια βλάστηση εύτροφης ακτής κατά την αμψιτιδιά την περίοδο της άνοιξης. Κυριαρχούν τα κλωροφύκη του γένους *Ulva*.

**Εικόνα 3.** Τυπικό υποθαλάσσιο λιβάδι μακροφυκών των ακτών σκληρού υποστρώματος (ύφαλοι).

**Εικόνα 4.** Το κλωροφύκος *Ulva* γνωστό και ως μαρούλι της θάλασσας.

**Εικόνα 5.** Το τυπικό για τις βραχώδεις Μεσογειακές ακτές φαιοφύκος *Cystoseira compressa*.



7

**Εικόνα 6.** Μικροφωτογραφία νεαρών βλασταρίων *Cystoseira compressa* μετά από αναπαραγωγή σε συνθήκες εργαστηρίου.

**Εικόνα 7.** Πληθυσμός του ροδοφύκου *Pyropia* (*Porphyra*) *elongata* σε βραχώδεις ακτές του Κόλπου της Καβάλας κατά την αμψιτιδιά.

**Εικόνα 8.** Το ροδοφύκος *Pyropia* (*Porphyra*) *elongata* των ακτών του Κόλπου της Καβάλας.

**Εικόνα 9.** Το ροδοφύκος *Chondracanthus teedei* από τον Θερμαϊκό Κόλπο.

**Εικόνα 10.** Συνδυαστική καλλιέργεια μακροφυκών και *Paracentrotus* (κοινός αχινός) σε ελεγχόμενες συνθήκες εργαστηρίου.



8

κής καλλιέργειας των μακροφυκών σε δεξαμενές ή λιμνοδεξαμενές είναι, σε σχέση με την ευρέως διαδεδομένη καλλιέργεια στην ανοικτή θάλασσα, σχετικά νέα. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματά της έχουν να κάνουν με την εν δυνάμει υψηλή απόδοση, τη δυνατότητα καλύτερου ελέγχου και εκμηχάνισης της καλλιέργειας και τη δυνατότητα αξιοποίησης των μακροφυκών ως βιοφίλτρων σε διάφορους τύπους αποβλήτων, π.χ. απόβλητα ψαριών. Το μεγάλο τους μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, λαμβάνοντας υπόψη ότι απαιτείται ενέργεια τόσο στην ανακίνηση ή άντληση του νερού, όσο και στην περίπτωση προσθήκης CO<sub>2</sub> και θεραπευτικών αλάτων. Τα συστήματα IMTA μετριάζουν το κόστος της εντατικής καλλιέργειας μακροφυκών, τουλάχιστον ως προς το κόστος λίπανσης με θρεπτικά άλατα δίνοντας νέες προοπτικές στην αξιοποίηση της παραγόμενης βιομάζας. Σε γενικές γραμμές η παραγωγή 1 Kg ψαριού, το οποίο έχει παραχθεί από 3 Kg τροφής, συνδυάζεται με την παραγωγή 3 Kg διθύρων και 7,8 Kg *Ulva*. Με άλλα λόγια, σε κάθε λιμνοδεξαμενή 100 m<sup>2</sup> απαιτούνται 50 m<sup>2</sup> δεξαμενής καθίζησης, 33 m<sup>2</sup> δεξαμενής δίθυρων και 42 m<sup>2</sup> δεξαμενής καλλιέργειας μακροφυκών. Άλλο μοντέλο προβλέπει ότι μια μονάδα κερσαίων εγκαταστάσεων έκτασης ενός εκταρίου μπορεί να παράγει 25 τόνους ψάρια, 50 τόνους δίθυρα και 30 τόνους ωπής βιομάζας μακροφύκου το χρόνο.

Το παράκτιο περιβάλλον της χώρας μας παρουσιάζει έντονο διαμελισμό, π.χ. κλειστούς κόλπους, δέλτα ποταμών και λιμνοθάλασσες, με διαφορετικές συνθήκες αλατότητας και τροφισμού που μπορούν να αξιοποιηθούν ως φυσικές λιμνοδεξαμενές καλλιέργειας. Με βάση τη διεθνή εμπειρία, κατάλληλοι χώροι για την καλλιέργεια των μακροφυκών είναι και οι χώροι κοντά στους κλωβούς της ιχθυοκαλλιέργειας ή στις μονάδες μυδοκαλλιέργειας, όπου παρατηρείται συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων εξαιτίας των ζωικών απεκκριμάτων και της ιχθυοτροφής που δεν καταναλώνεται.



9

## Συμπεράσματα

- Η αξιοποίηση των μακροφυκών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της παραγωγικότητας της Ελληνικής υδατοκαλλιέργειας προφέροντας περισσότερα και ακόμη υψηλότερης ποιότητας προϊόντα, χωρίς επιβάρυνση στο περιβάλλον.
- Οι καλλιέργεια ειδών του γένους *Pyropia* μπορεί να δώσει προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας. Εάν, μάλιστα, πραγματοποιηθεί σε εύτροφες λιμνοθάλασσες μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της οικολογικής τους ποιότητας.
- Είδη των γενών *Ulva*, *Gracilaria*, *Chondrocarpus*, *Asparagopsis* μπορούν να αξιοποιηθούν ως βιοφίλτρα για τη βιομετατροπή των λυμάτων της ιχθυοκαλλιέργειας σε χρήσιμη βιομάζα μακροφυκών. Η υιοθέτηση τέτοιων ολοκληρωμένων πολυ-τροφικών πρακτικών (IMTA) αυξάνει την περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική αποδοχή της υδατο-καλλιεργητικής βιομηχανίας
- Είδη των γενών *Ulva*, *Cladophora* μπορούν να αξιοποιηθούν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων για την απομάκρυνση από τα λύματα των θρεπτικών αλάτων και των βαρέων μετάλλων (τριτογενής καθαρισμός), με αποτέλεσμα να αποφεύγονται τα φαινόμενα τοπικού ευτροφισμού, που παρατηρούνται σε πολλές παράκτιες περιοχές της χώρας, όπου λειτουργούν βιολογικοί καθαρισμοί. Η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί σε διάφορες χρήσεις, π.χ. παραγωγή χαρτιού, βιοκαυσίμων.
- Η επιλογή ειδών για καλλιέργεια που παράγουν υψηλής αξίας δευτερογενείς μεταβολίτες καθώς και άλλες βιολογικές ή τεχνολογικές βελτιώσεις της υπάρχουσας καλλιέργειας που θα υπάρξουν στο μέλλον δημιουργούν νέα κίνητρα αυτόνομης ανάπτυξης της καλλιέργειας σε συστήματα δεξαμενών ή λιμνοδεξαμενών. ◀



10

**Πληροφορίες:** Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας & Τεχνολογίας\*, 640 07 Νέα Πέραμος, Καβάλα, **τηλ.:** 2594029039, **e-mail:** sorfanid@inale.gr, [www.inale.gr](http://www.inale.gr)

\*Μόνιμα μέλη του εργαστηρίου Βενθικής Οικολογίας & Τεχνολογίας του ΙΝΑΛΕ: Κωνσταντίνος Νάκου (Τεχνολόγος Γεωπονίας), Απόστολος Παπαδημητρίου (Τεχνολόγος Γεωπονίας)