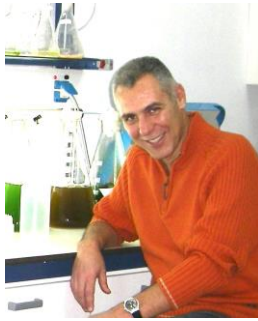


## Μια συνοπτική πραγματεία για το κοκκινωπό χρώμα των λεκανών εξάτμισης (τηγάνια) των αλυκών



Γεώργιος Χώτος  
καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών  
Εργαστήριο Καλλιέργειας Πλαγκτού  
Τμήμα Ζωϊκής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών.  
Μεσολόγγι, ghtos@upatras.gr

Οι λευκοί λοφίσκοι με το σωρευμένο αλάτι στο δρόμο από το Μεσολόγγι για το Αιτωλικό παγιδεύουν το βλέμμα των ταξιδιωτών και του δηλώνουν ότι εκεί η φύση κάτι ιδιαίτερο πλάθει και προσφέρει. Πράγματι, οι αλυκές Μεσολογγίου από τις οποίες προέρχεται το αλάτι, για τον φυσιολάτρη που θα ψάξει τα ενδότερα αποτελούν με το σύμπλεγμα των λιμνών τους (έστω και αν αυτές τις διαμόρφωσε ο άνθρωπος) ένα θαυμαστό μοναδικό υδροβιότοπο. Ενα υδροβιότοπο ο οποίος ως συνέχεια της ευρύτερης λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου προσφέρει όσα κι αυτή κι ακόμα περισσότερα. Γη και νερό στις αλυκές συμπλέκονται αρμονικά σε μια φύση που είναι μόνο για τους δυνατούς. Και δυνατοί στην προκειμένη περίπτωση σημαίνει όχι κατ' ανάγκη μεγάλοι και ογκώδεις αλλά μάλλον ανθεκτικοί. Ανθεκτικοί στο αλατισμένο νερό των αλυκο-λιμνών που σταδιακά από λίμνη σε λίμνη και από μήνα σε μήνα φθάνει στα μέσα του καλοκαιριού να έχει αλατότητα έως και 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή της θάλασσας. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον κανένα από τα ψάρια, γαρίδες, καβούρια, όστρακα και ότι άλλο ζωντανό υπάρχει στην κανονική θάλασσα και λιμνοθάλασσα δεν μπορεί να αντέξει. Δεν μπορεί να αντέξει για 2 λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι η ισορροπία των υγρών του σώματός των αναστατώνεται και εκτροχιάζεται από το πολύ αλμυρό νερό και ο δεύτερος επειδή το υπεράλμυρο νερό δεν μπορεί να κρατήσει παρά ελάχιστο οξυγόνο με κατάληξη την ασφυξία τους.



Σχήμα 1. Κόκκινα νερά σε λεκάνη υψηλής αλατότητας αλυκής. Διαδικτυακή πηγή: <https://alchetron.com/Halobacterium-salinarum>.

Υπάρχει λοιπόν ζωή στις λεκάνες των αλυκών; Ναι, υπάρχει, μικροσκοπική μεν αλλά θαυμαστά άφθονη. Την αποτελούν μικρόβια, φύκη και ζώα που ενώ μπορούν να ζήσουν και στο κανονικό θαλασσινό νερό, συνάμα μπορούν (μόνο αυτά) να ζήσουν και στο υπερβολικά αλμυρό και ενίοτε "κοκκινισμένο" (Σχήμα 1). Και το μπορούν επειδή κατέχουν ένα θαυμαστό ωσμωρυθμιστικό μηχανισμό που επιτρέπει στα σώματά τους να διατηρούν τα υγρά τους ανεπηρέαστα από το αλάτι του νερού που θα αφυδατώσει (και σκοτώσει) τους υπόλοιπους μη προικισμένους με αυτό το μηχανισμό οργανισμούς. Αναφερόμαστε πάντα στους υδρόβιους οργανισμούς των αλυκών, τα φυτά που ευδοκούν στον πέριξ

χέρσο χώρο των λεκανών τα λεγόμενα αλόφυτα αποτελούν μια άλλη θαυμαστή περίπτωση που θέλει διαφορετική ανάλυση σε άλλο πόνημα.



Σχήμα 2. Φλαμίνγκο (φοινικόπτερο) που τρέφεται με το χαρακτηριστικό τρόπο κουνώντας πέρα-δώθε στο νερό το σαν κουτάλα ράμφος του.

Διαδικτυακή πηγή: <https://www.birdwatchingdaily.com/news/science/how-flamingos-thrive-harsh-environments/>

Στις υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών δεν θα δούμε ψάρια να πηδούν έξω από το νερό, ούτε κοπάδια τους να περιδιαβαίνουν νωχελικά κάποια απάνεμη ημέρα. Η μικροσκοπική ζωή που οργιάζει στο νερό και στον πυθμένα είναι πρακτικά αόρατη. Εμμεσα όμως την υποψιαζόμαστε καθώς τα πανέμορφα φλαμίνγκο (ή φοινικόπτερα) βόσκουν κοπαδιαστά ορισμένες εποχές στις υπεράλμυρες λεκάνες (Σχήμα 2), με τον χαρακτηριστικό μοναδικό τους τρόπο κουνώντας πέρα δώθε τα κυρτά τους σαν κουτάλα ράμφη στη στήλη του νερού μέχρι την επιφάνεια του πυθμένα. Όλα τα άλλα υδρόβια πτηνά τρέφονται "τσιμπώντας" και ανασκαλεύοντας τον πυθμένα ψάχνοντας εκεί για τροφή. Όμως τα φλαμίνγκο δεν ανασκαλεύουν τον πυθμένα παρά μόνο σαρώνουν τη στήλη του ρηχού νερού και με μια διαμόρφωση σαν σίτα στο στόμα τους συγκρατούν και καταπίνουν ότι παγιδευτεί εκεί. Προφανώς η τροφή τους αφθονεί στο νερό διότι αλλιώς δεν θα "έβοσκαν". Πράγματι η κύρια (αν και όχι μοναδική, βλ. παρακάτω) τροφή τους που μόνο εκεί υπάρχει και μόνο αυτά (τα φλαμίνγκο) μπορούν να την εκμεταλλευτούν, είναι η μικροσκοπική και χωρίς κέλυφος αλμυρογαριδούλα αρτέμια (επιστημονικό όνομα *Artemia* sp., Σχήμα 3).

Δεν υπάρχει ίσως καλύτερο παράδειγμα οικολογικής προσαρμογής για μαθητές, φοιτητές, φυσιολόγους και γενικά κοινό με φυσιολογική συνείδηση, από τη σχέση φλαμίνγκο-αρτέμια. Η μεν αρτέμια αναπτύσσεται στην υπεραλατότητα ανεμπόδιστα σε τεράστιους πληθυσμούς μια και δεν υπάρχουν ψάρια, καβούρια ή άλλες μεγάλες γαρίδες να την καταναλώσουν, τα δε φλαμίνγκο είναι τα μόνα πτηνά στον ιδιαίτερο αυτό υδροβιότοπο που μπορούν να τη συλλέξουν. Ας μην ανησυχεί όποιος προβληματιστεί επ' αυτού για την αφθονία της τροφής. Είναι τόσο μεγάλη η βιομάζα της αρτέμια που αναπτύσσεται και τέτοιες οι αναπαραγωγικές της δυνατότητες που, και τα φλαμίνγκο θα χορταίνουν και η αρτέμια θα ακμάζει. Τα φλαμίνγκο που ονομάζονται και φοινικόπτερα

εξαιτίας του κοκκινωπού χρωματισμού τους που είναι διάχυτος στο πτέρωμά τους, δεν θα είχαν αυτή την υπέροχη ροζ εμφάνιση αν δεν έτρωγαν τη συγκεκριμένη τροφή (την αρτέμια). Ο χρωματισμός τους οφείλεται σε βιολογικές χρωστικές που έχει η τροφή τους (η αρτέμια) και οι οποίες μετά την πέψη μεταβολίζονται και καταλήγουν στα φτερά τους. Οι χρωστικές αυτές ονομάζονται καρωτενοειδή με πιο χαρακτηριστική τη β-καρωτένιο (ή β-καρωτίνη). Το β-καρωτένιο συσσωρεύεται στο σώμα της αρτέμια επειδή η αρτέμια το λαμβάνει από μικροσκοπικά φύκη με τα οποία κυρίως τρέφεται διηθώντας τα συνεχώς από το υπεράλυμο νερό όπου μόνο εκεί και αυτά αναπτύσσονται.



Σχήμα 3. Η αλμυρογαρίδα των αλυκών Μεσολογίου (*Artemia parthenogenetica*) σε διάφορα μεγέθη. Οι μαύρες μάζες είναι οι ωόσακκοι γεμάτοι με τα αυγά της. Χαρακτηριστικό το κοκκινωπό της χρώμα λόγω των καρωτενοειδών ουσιών που έχει προσλάβει με την τροφή της αλλά και λόγω της μεγάλης ποσότητας αιμογλοβίνης που συνθέτει για να δεσμεύει και το ελάχιστο οξυγόνο που υπάρχει στα υπεράλυμα νερά. (φωτογρ. Γ. Χώτος).

Τα καρωτενοειδή είναι χρωστικές που τα ζώα δεν μπορούν να συνθέσουν παρά μόνο να προσλάβουν από φυτά και φύκη που μόνο αυτά ως φωτοσυνθετικοί οργανισμοί μπορούν να φτιάξουν. Τις χρωστικές αυτές τα φύκη (μια και αυτά μας ενδιαφέρουν εδώ) τις συνθέτουν επειδή αφενός συντελούν στην καλύτερη φωτοσύνθεση και αφετέρου προστατεύουν τα κύτταρά τους από την έντονη ηλιοφάνεια και υπεριώδη ακτινοβολία που λούζει έντονα ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες τις ρηχές υπεράλυμες λεκάνες. Ετσι λοιπόν τα φύκη των αλυκών που αποτελούν το φυτοπλαγκτόν είναι πλούσια σε καρωτένια και συνεπώς και η αρτέμια που τα καταναλώνει γίνεται μεταφορικός μια "αποθήκη καρωτενίων". Δεν είναι λοιπόν να απορούμε πως κατόπιν τα φλαμίνγκο καταναλώνοντας αρτέμια αλλά συνάμα και τέτοια φύκη πλούσια σε καρωτένια (διότι καθώς βόσκουν για αρτέμια καταπίνουν και τέτοια φύκη που βρίσκονται στο νερό) κυριολεκτικά φορτίζονται με καρωτένια που καταλήγοντας στο πτέρωμά τους συντηρούν τον ροζ χρωματισμό τους.

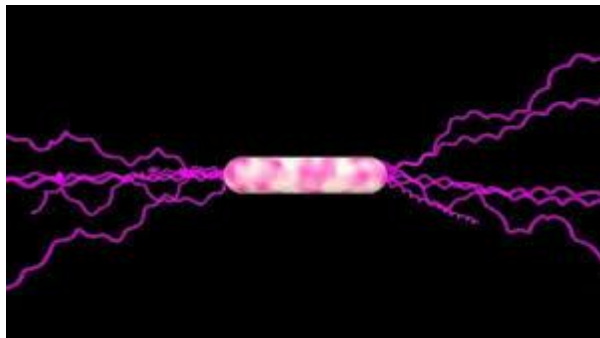
Μιλώντας λοιπόν για "χρώμα" και μέχρις εδώ έχοντας αναφέρει το χρώμα που προκύπτει στα φλαμίνγκο από τις χρωστικές-καρωτένια που προσλαμβάνουν μέσω της

τροφής των, ας δούμε και άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με τα καρωτένια και άλλες βιολογικές ουσίες και με το ροζέ-πορτοκαλοκόκκινο χρώμα των νερών σε ορισμένες λεκάνες των αλυκών για το οποίο τόσα ακούγονται, συνήθως ανακριβή. Και ας ξεκαθαριστεί πρώτ' απ' όλα η λανθασμένη ερμηνεία του "κόκκινου νερού" που αδαώς κυκλοφορεί. Ακούμε πολλές φορές ερμηνείες ανθρώπων της διπλανής πόρτας να το αποδίδουν στο πολύ ιώδιο που υπάρχει (δήθεν) στο νερό, ή σε σιδηρούχα ορυκτά (τα οξειδία του σιδήρου ως γνωστόν είναι κόκκινα), ή γενικώς σε ευεργετικές ιαματικές ουσίες του νερού. Εξ' ου και η (για άλλους λόγους ορθή) διαδεδομένη εμβάπτιση για υγεία στη λάσπη των πέριξ των αλυκών λιμνών, πρακτική αγαπημένη (και συνιστώμενη) πολλών κατοίκων η οποία όμως συνδέεται με τα ευεργετικά αποτελέσματα της λάσπης (δηλαδή των ιζημάτων) και επ' ουδενί με το "κόκκινο" των νερών. Ξεκαθαρίζουμε λοιπόν ότι το κοκκινωπό χρώμα των νερών των αλυκών δεν οφείλεται ούτε σε ιώδιο, ούτε σε κάποιο άλλο ορυκτό, ή οξειδίο διαλυμένο στο νερό.

Το ροζ-κοκκινωπό χρώμα των νερών σε λεκάνες με πολύ υψηλή αλατότητα οφείλεται μόνο σε ανάπτυξη μικροοργανισμών του νερού και συγκεκριμένα των εξής δύο. Πρώτον, στην ανάπτυξη ενός βακτηριδίου που αντέχει σε πολύ υψηλές αλατότητες και ονομάζεται *Halobacterium salinarum*. Δεύτερον, στην ανάπτυξη ενός φυτοπλαγκτονικού είδους (μικροφύκος) που και αυτό αντέχει σε πολύ υψηλές αλατότητες και ονομάζεται *Dunaliella salina*. Ας τα δούμε αναλυτικότερα αυτά τα δύο πρώτα και κατόπιν και κάποιους άλλους οργανισμούς οι οποίοι και αυτοί συμβάλλουν δευτερευόντως και εμμέσως στο χρώμα και στον έμβιο πλούτο των υπεράλυμων νερών.

**1. -Βακτηρίδιο *Halobacterium salinarum*** καλούμενο εντεύθεν "**αλοβακτήριο**" (Σχήματα 4 & 5). Πρόκειται για ένα βακτήριο που ανήκει στο Βασίλειο των Αρχαίων δηλαδή στους αρχαιότερους οργανισμούς που εμφανίστηκαν στη Γη και παρουσιάζει μια ξεχωριστή ιδιότητα να αντέχει και να προσαρμόζεται σε πολύ υψηλές αλατότητες. Σε αυτές τις υψηλές αλατότητες όπου άλλα βακτήρια υποκύπτουν το αλοβακτήριο διαθέτει μηχανισμούς ωσμωρύθμισης έτσι που η συγκέντρωση αλάτων να είναι η ίδια μέσα και έξω από το κύτταρό του. Εχοντας διασφαλίσει ίση με το νερό υψηλή αλατότητα στο εσωτερικό του κυττάρου του το επόμενο βήμα είναι να παράγει πρωτεΐνες που δεν καταστρέφονται από το πολύ αλάτι. Και πράγματι παράγει όξινες πρωτεΐνες που αντέχουν στο αλάτι και έτσι επιβιώνει. Το αλοβακτήριο είναι αερόβιος οργανισμός δηλαδή έχει ανάγκη από οξυγόνο για να ζήσει, όμως καθώς στις πολύ υψηλές αλατότητες το οξυγόνο το διαλυμένο στο νερό είναι ελαχιστότατο και περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια του νερού, το αλοβακτήριο παράγει στο κύτταρό του μικροφυσσαλίδες αερίων που το βοηθούν να επιπλέει στην επιφάνεια προκειμένου να αποκτήσει και τα τελευταία ίχνη οξυγόνου που μπορούν να υπάρξουν εκεί. Ομως επειδή το οξυγόνο αυτό δεν φτάνει για να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες, το αλοβακτήριο παρόλο που δεν είναι φωτοσυνθετικός οργανισμός διαθέτει ένα αξιοθαύμαστο μηχανισμό παραγωγής επιπρόσθετης ενέργειας με τη βοήθεια μιας μεμβρανικής πρωτεΐνης που συνθέτει, της **βακτηριοροδοψίνης**, η οποία ενεργοποιούμενη από το φως παράγει ενέργεια. Η παραμονή του όμως στην επιφάνεια του νερού εκθέτει το αλοβακτήριο σε ιδιαίτερα έντονη ακτινοβολία (μην ξεχνάμε ότι μιλάμε για ρηχές λίμνες λουσμένες στο φως κατά τους ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες) και αυτό συνεπάγεται και έντονη υπεριώδη ακτινοβολία (UV) που επιφέρει βλάβες στο DNA του αφενός και αφετέρου δημιουργεί ελεύθερες ρίζες, δηλαδή χημικά μόρια επιβλαβή για το κύτταρο. Οι επιπτώσεις αυτών (UV και ελεύθερες ρίζες) μπορεί να είναι θανατηφόρες για το κύτταρο αν δεν αντιμετωπιστούν από το ίδιο το κύτταρο. Ετσι λοιπόν το αλοβακτήριο τις μεν βλάβες στο DNA του που επιφέρει η υπεριώδης ακτινοβολία τις επιδιορθώνει μέσω της παραγωγής ειδικών ενζύμων κατόπιν ενεργοποίησης έκφρασης ειδικών γονιδίων του, τις δε βλαβερές ελεύθερες ρίζες με άφθονη παραγωγή μιας ειδικής **καρωτενοειδούς** χρωστικής της **βακτηριορουμπερίνης** η οποία δρα ως αντιοξειδωτικό εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες

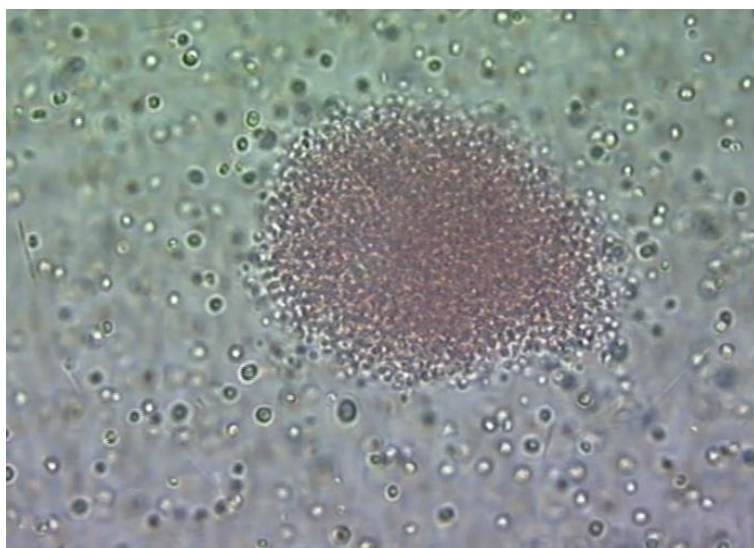
ρίζες. Η βακτηριορουμερίνη είναι χρώματος **ροζ**, τα κύτταρα του αλοβακτηρίου γεμάτα με αυτήν χρωματίζονται ροζ και καθώς στις υπεράλμυρες λεκάνες το αλοβακτήριο κατακλύζει το νερό το χρώμα του νερού αποκτά ροζ απόχρωση.



Σχήμα 4. Καλλιτεχνική απεικόνιση του αλοβακτηρίου *Halobacterium salinarum*. Χαρακτηριστική η ραβδοειδής μορφή του κυττάρου με θυσάνους μαστιγίων στα άκρα του.

Διαδικτυακή πηγή :

<https://alchetron.com/Halobacterium>



Σχήμα 5. Φωτογραφία από δείγμα νερού των αλυκών Μεσολογγίου με ένα συσσωμάτωμα αλαβακτηρίων με το χαρακτηριστικό ροζ χρώμα τους (φωτογρ. Γ. Χώτος).

2. -Φυτοπλαγκτονικό μονοκύτταρο **μικροφύκος** *Dunaliella salina* καλούμενο εντεύθεν "**ντουναλιέλλα**". Τι να πρωτογράψει κάποιος για τη ντουναλιέλλα, αυτό το μικροσκοπικό **πράσινο χλωροφύκος** για το οποίο χιλιάδες εργασίες έχουν εκπονηθεί. Στη χορεία των ερευνητών της ντουναλιέλλα ανήκει και ο γράφων καθώς στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού στο Μεσολόγγι ήδη από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του 90 στο πρώην Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, η ντουναλιέλλα συλλεγόμενη από τις αλυκές Μεσολογγίου καλλιεργείται και μελετάται συνεχώς μέχρι σήμερα (Σχήμα 6). Πολλές οι χρήσεις της ντουναλιέλλα τόσο στις ιχθυοκαλλιέργειες όσο και στη βιομηχανία παραγωγής πολύτιμων ουσιών. Στις ιχθυοκαλλιέργειες αποτελεί ένα από τα πιο χρήσιμα φυτοπλαγκτονικά είδη που παράγονται μαζί για να θρέψουν τα μικροσκοπικά ζώα (τροχόζωα) τα οποία κατόπιν δίδονται ως η μοναδική και αναντικατάστατη "ζωντανή τροφή" στις μικροσκοπικές νύμφες των ψαριών που μόλις έχουν εκκολαφθεί στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς της τσιπούρας και του λαβρακιού. Στη βιομηχανία υπάρχει πραγματικός παγκόσμιος οργανισμός μαζικής παραγωγής ντουναλιέλλα για να εκχυλίσουν από τα κύτταρά της την πολύτιμη χρωστική **β-καρωτενίου** η οποία πέραν του ότι αποτελεί την πρόδρομη χημική ένωση της πολυτιμότερης **βιταμίνης Α** είναι ένα από τα πιο δραστικά **αντιοξειδωτικά** που καταπολεμούν τις βλαβερές ελεύθερες ρίζες που σχηματίζονται στον οργανισμό μας και αποτελούν μόνιμο εφιάλτη για την υγεία μας. Σήμερα τα σκευάσματα β-καρωτενίου που διατίθενται στο εμπόριο ως υγιεινά πρόσθετα εξαγόμενα από την καλλιεργούμενη ντουναλιέλλα έχουν τζίρο εκατοντάδων εκατομμυρίων δολαρίων. Συνεπώς η ντουναλιέλλα ήλθε στη ζωή μας για να μείνει.

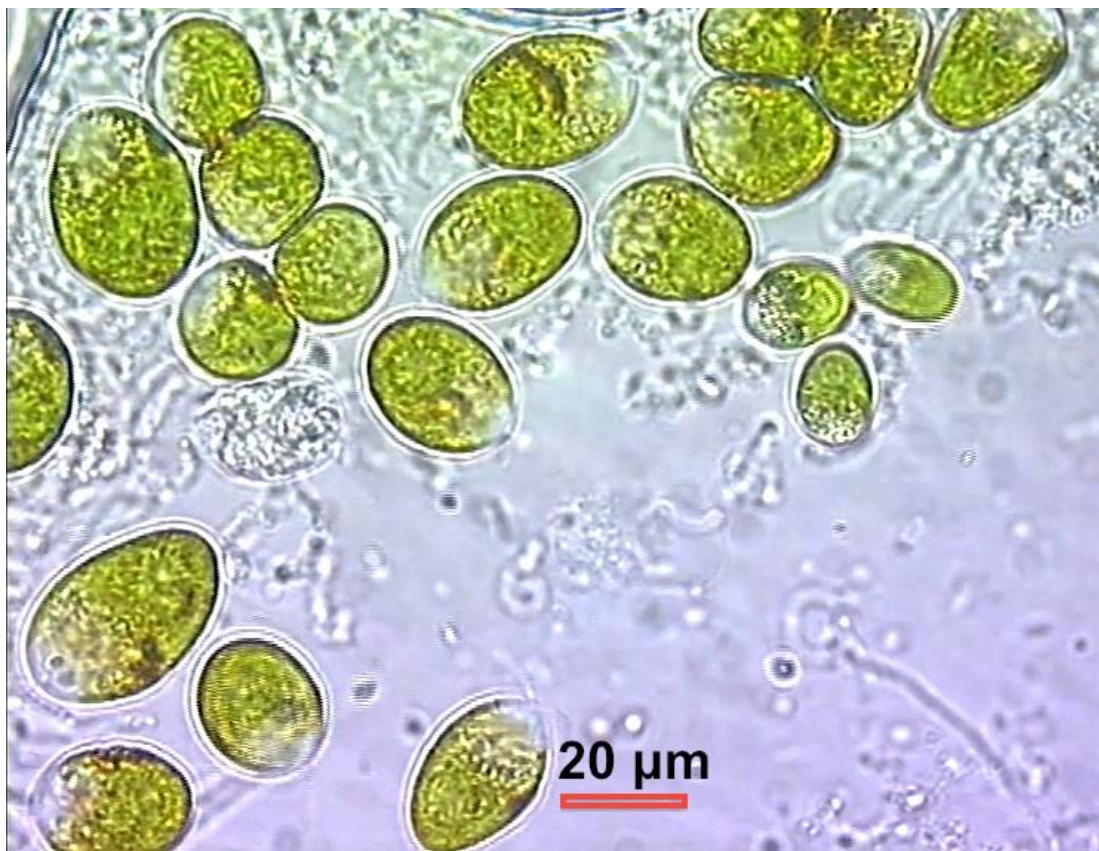


ΣΥΛΛΕΓΟΝΤΑΣ DUNALIELLA ΣΤΙΣ ΑΛΥΚΕΣ 2016

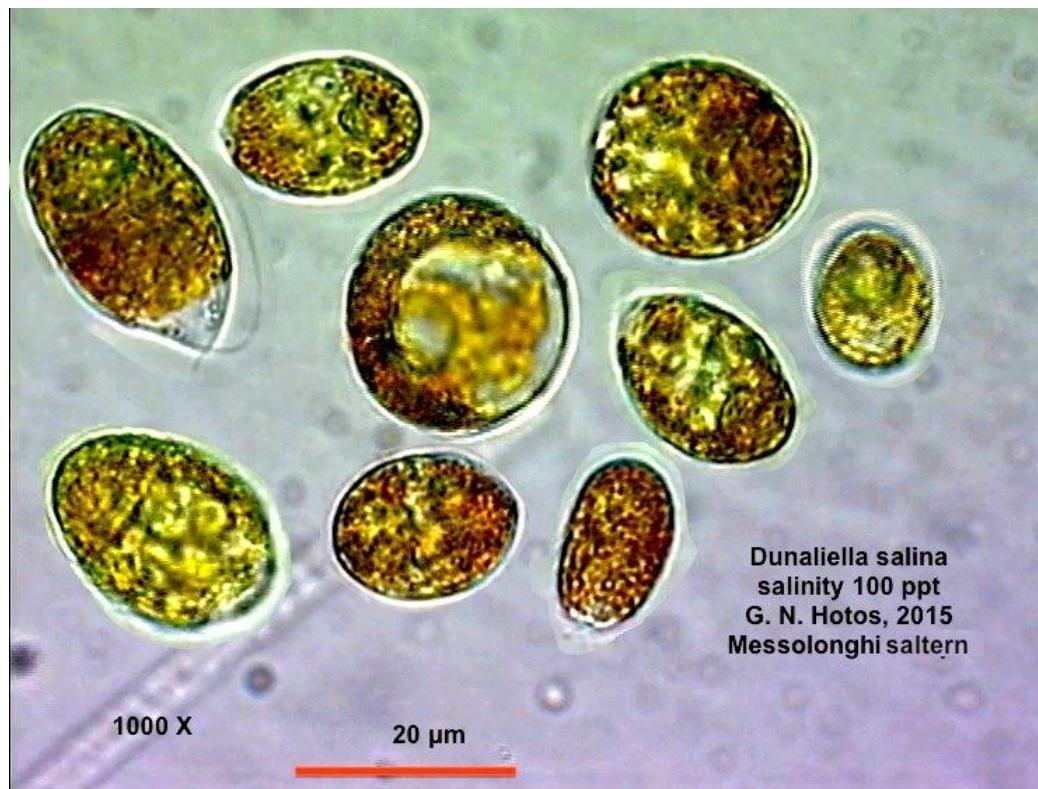
Σχήμα 6. Δειγματοληψία νερού σε υπεράλμυρη λεκάνη των αλυκών Μεσολογίου όπου το νερό έχει χρωματιστεί ροζ-κοκκινωπό λόγω της ανάπτυξης *Dunaliella* και *Halobacterium* (φωτογρ. Γ. Χώτος).

Τις μοναδικές της ιδιότητες η ντουναλιέλλα τις χρωστά στη μεγάλη παραγωγή και συσσώρευση στο εσωτερικό του κυττάρου της χρωστικής **β-καρωτένιο** η οποία κυριολεκτικά κατακλύζει το κυτταρόπλασμα. Είναι τόσο μεγάλη η ποσότητα του β-καρωτενίου που παράγει το κάθε κύτταρό της όταν βρεθεί σε νερό πολύ υψηλής αλατότητας, που κυριολεκτικά η ντουναλιέλλα "βάφεται" κόκκινη. Δεν υπάρχει άλλο φύκος στη Γη που να μπορεί να αντέξει σαν τη ντουναλιέλλα αλατότητες 10 φορές υψηλότερες του κανονικού θαλασσινού νερού. Το θαλασσινό νερό έχει περίπου 35 γραμμάρια (g) αλάτι ανά λίτρο (L) δηλαδή αλατότητα 35 ppt (όπως τη συμβολίζουμε επιστημονικά). Στις λεκάνες υψηλής εξάτμισης των αλυκών όπου η αλατότητα φθάνει και 350 g/L (350 ppt) μόνο η ντουναλιέλλα μπορεί να αντέξει και το αλοβακτήριο επίσης. Πρακτικά δηλαδή σε αυτό το ακραίο περιβάλλον υπάρχουν μόνο ντουναλιέλλα και αλοβακτήρια. Βέβαια το θαλασσινό νερό που εισέρχεται στις λεκάνες των αλυκών δεν είναι αρχικώς τόσο πυκνό σε αλάτι αλλά σταδιακά καθώς εξατμίζεται το νερό και η αλατότητα ανεβαίνει ολοένα σε υψηλότερα επίπεδα όλο και πιο λίγοι οργανισμοί από αυτούς που υπήρχαν αρχικά στο νερό επιβιώνουν. Στο τέλος παραμένουν μόνο ντουναλιέλλα και αλοβακτήρια. Η ντουναλιέλλα στο νερό κανονικής αλατότητας είναι ένα μικροσκοπικό φύκος που έχει πράσινο χρώμα όπως και άλλα παρόμοια φύκη λόγω της πολλής χλωροφύλλης που υπάρχει στο χλωροπλάστη του κυττάρου της. Διατηρεί αυτό το πράσινο χρώμα της και σε υψηλές αλατότητες μέχρι περίπου τα επίπεδα των 5 φορές υψηλότερα του κανονικού θαλασσινού νερού (~150 ppt). Ηδη σε αυτό το επίπεδο η αλατότητα είναι πολύ υψηλή για άλλους οργανισμούς (φύκη, πρωτόζωα, ζώα) τα οποία έχουν αρχίσει να πεθαίνουν διότι δεν έχουν μηχανισμούς αντιμετώπισης τόσο υψηλής περιεκτικότητας άλατος στο νερό. Η ντουναλιέλλα όμως έχει θαυμαστούς μηχανισμούς αντιμετώπισης του άλατος. Ο πρώτος μηχανισμός της είναι να παράγει μεγάλες ποσότητες **γλυκερίνης** εσωτερικά στο κύτταρο

της ως αντιστάθμιση στο πολύ αλάτι που βρίσκεται στο νερό. Είναι τόσο έντονη η παραγωγή γλυκερίνης στη ντουναλιέλλα που όταν την καλλιεργούμε στο εργαστήριο σε υψηλές αλατότητες η περίσσεια της γλυκερίνης ξεχειλίζει κυριολεκτικά από το δοχείο καλλιέργειας σαν λευκός αφρός (Σχήμα 11). Παράλληλα καθώς η αλατότητα αυξάνεται, στο κύτταρο της ντουναλιέλλα παράγεται και συσσωρεύεται η χρωστική β-καρωτένιο και τα κύτταρα αρχίζουν να κοκκινίζουν (Σχήματα 7, 8, 9, & 10). Στις πολύ αυξημένες αλατότητες (>200 ppt) το β-καρωτένιο είναι τόσο πολύ που τα κύτταρά της χρωματίζονται κόκκινα. Η χλωροφύλλη που έδινε στο κύτταρο το πράσινο χρώμα εξακολουθεί να υπάρχει αλλά η μεγάλη μάζα του β-καρωτενίου την έχει καλύψει και επικρατεί το κόκκινο χρώμα. Και αν ρωτήσει κάποιος σε τι χρησιμεύει το β-καρωτένιο στη ντουναλιέλλα η απάντηση είναι ότι έχει δράση φωτοπροστατευτική για να αντέχει η ντουναλιέλλα στην υπερβολική φωτεινή ενέργεια και την υπεριώδη ακτινοβολία που επικρατούν τους καλοκαιρινούς μήνες στις ρηχές υπεράλυμες λίμνες των αλυκών.



Σχήμα 7. Φωτογραφία μικροσκοπίου κυττάρων της ντουναλιέλλα (*Dunaliella salina*) από δείγμα που συλλέχθηκε από τις αλυκές Μεσολογίου και καλλιεργήθηκε στο εργαστήριο Καλλιέργειας Πλαγκτού. Τα κύτταρα έχουν το φυσιολογικό πράσινο χρώμα μια και βρίσκονται σε νερό κανονικής θαλασσινής αλατότητας (35 ppt). Το κύτταρο της ντουναλιέλλα είναι αχλαδοειδούς σχήματος και είναι πολύ κινητικό στο νερό λόγω της κίνησης δύο μαστιγίων που διαθέτει (δεν φαίνονται στη φωτογραφία). Χαρακτηριστική επίσης η μεγάλη ποικιλία στα μεγέθη των κυττάρων (φωτογρ. Γ. Χώτος).



Σχήμα 8. Φωτογραφία μικροσκοπίου κυττάρων της ντουναλιέλλα (*Dunaliella salina*) από δείγμα που συλλέχθηκε από τις αλυκές Μεσολογγίου και καλλιεργήθηκε στο εργαστήριο Καλλιέργειας Πλαγκτού. Τα κύτταρα έχουν αρχίσει να αποκτούν κοκκινωπό χρώμα καθώς η αλατότητα στο δοχείο καλλιέργειας υψώθηκε στα 100 ppt (φωτογρ. Γ. Χώτος).



Σχήμα 9. Φωτογραφία μικροσκοπίου κυττάρων της ντουναλιέλλα "βαμμένα" κόκκινα γεμάτα με τη χρωστική β-καροτένιο καθώς η αλατότητα στο δοχείο καλλιέργειας έφθασε τα 260 ppt. Σε κάποια κύτταρα διακρίνονται αμυδρά τα μαστίγια (φωτογρ. Γ. Χώτος).





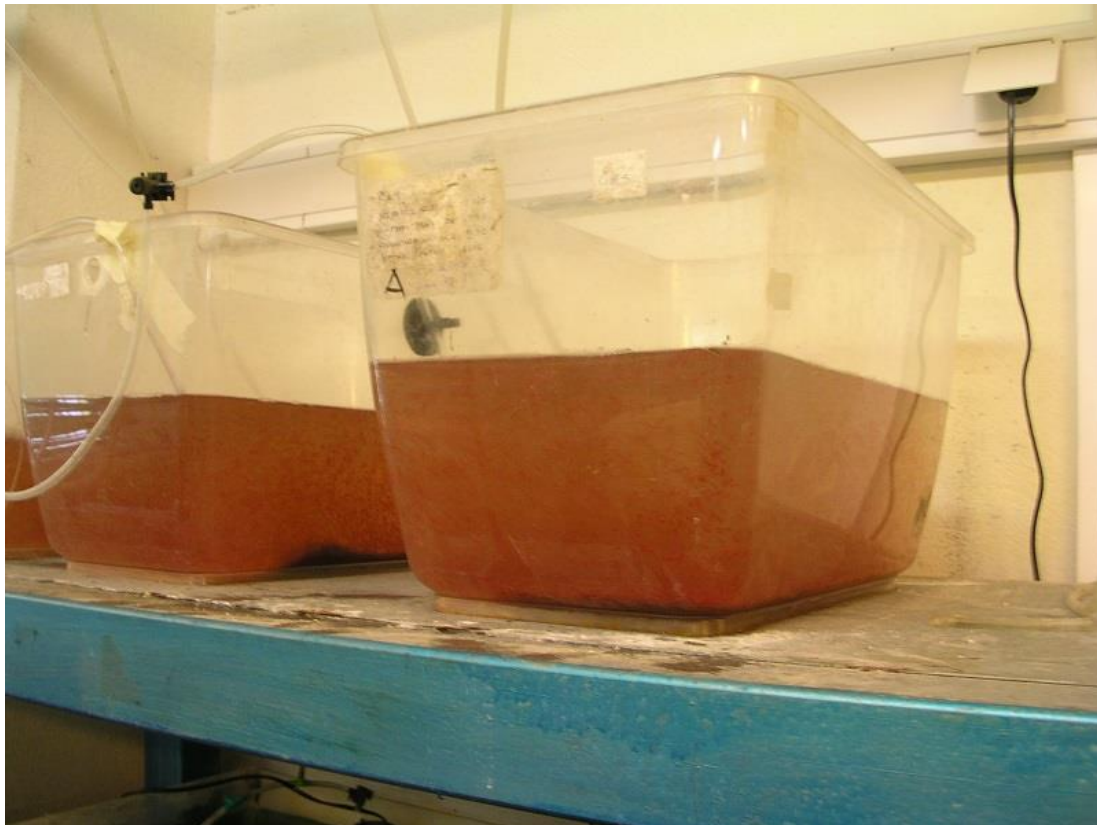
Σχήμα 10. Φωτογραφία μικροσκοπίου κυττάρων ντουναλιέλλα. Τα κόκκινα κύτταρα της ντουναλιέλλα που έχουν καλλιεργηθεί σε πολύ υψηλή αλατότητα (>250 ppt) ανάμεσα σε κρυστάλλους άλατος που έχουν αρχίσει να σχηματίζονται. Να σημειωθεί ότι ακόμα και σε αυτό το πολύ πυκνό υγρό τα κύτταρα είναι υγιή και κινητικά (φωτογρ. Γ. Χώτος).



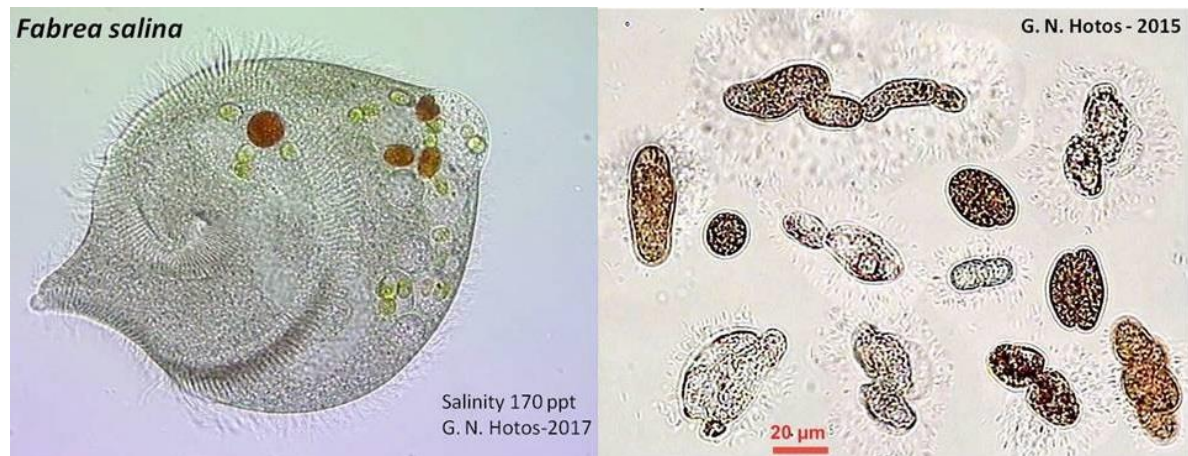
Σχήμα 11. Διάφορες φωτογραφίες δοχείων με καλλιέργειες *Dunaliella salina* στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού. Χαρακτηριστικό το πορτοκαλο-κόκκινο χρώμα των καλλιεργειών που βρίσκονται σε πολύ υψηλή αλατότητα (>150 ppt). Τόσο στις καλλιέργειες με κόκκινο χρώμα (συσσώρευση καρωτενίων) όσο και στις πράσινες σε χαμηλότερες αλατότητες (δεν έχουν ακόμα συσσωρεύσει πολλά καρωτένια) ο αερισμός του δοχείου δημιουργεί αφρό γλυκερόλης στην επιφάνεια.

Η ντουναλιέλλα εκτός από τροφή για την αλμυρογαρίδα αρτέμια αποτελεί τροφή και για άλλους οργανισμούς που αντέχουν και αυτοί σε πολύ υψηλές αλατότητες. Ο πιο χαρακτηριστικός οργανισμός είναι το βλεφαριδωτό πρωτόζωο *Fabrea salina* που τρέφεται διηθώντας το νερό προσλαμβάνοντας ότι αιωρείται εκεί (Σχήμα 13). Έτσι λοιπόν όταν στο νερό επικρατεί η ντουναλιέλλα θα τραφεί με αυτήν. Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί πάντως ότι στην υπεραλατότητα η ποικιλία των οργανισμών που αντέχει σε αυτά τα ακραία περιβάλλοντα πολύ απέχει από το να έχει μελετηθεί επαρκώς. Από τα ψάρια μόνο η ζαμπάρολα (*Aphanius fasciatus*) αντέχει μέχρι κάποιο όριο (~180 ppt) και από τα

καρκινοειδή μόνο η αρτέμια που συναγωνίζεται σε αντοχή τη ντουναλιέλλα σε αλατότητες άνω των 300 ppt. Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί ότι η αρτέμια αντέχει μεν σε πολύ υψηλές αλατότητες αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι αν της δοθεί η ευκαιρία δεν θα προτιμήσει νερό θαλασσινό κανονικής αλατότητας. Αλλωστε την καλλιεργούμε ή συντηρούμε (Σχήμα 12) σε ενυδρεία με θαλασσινό νερό αλατότητας περί τα 35 ppt για να τη δίδουμε ως εξαιρετική τροφή σε μικρά ψάρια. Στη φύση όμως όπου η αρτέμια θα μπορούσε να ζήσει πιο άνετα για αυτήν σε νερό κανονικής αλατότητας, απλούστατα δεν μπορεί να υπάρξει για πολύ διότι θα καταβροχθίζονταν από ψάρια, μεγάλες γαρίδες και καβούρια μια και αποτελεί εξαιρετική "λιχουδιά" για αυτά. Η αλμυρογαρίδα αρτέμια κολυμπά αποκλειστικά στη στήλη του νερού (πλαγκτονική) και δεν έχει κέλυφος προστασίας όπως έχουν οι άλλες γαρίδες, είναι μικροσκοπική (το πολύ ~ 1cm σε μήκος) και δεν έρπει στον πυθμένα για να βρίσκει καταφύγιο σε πέτρες ή φύκια. Συνεπώς είναι ευάλωτη σε θηρευτές κάθε είδους. Ετσι λοιπόν έχει αναπτύξει αυτή τη θαυμαστή προσαρμογή του να αντέχει σε πολύ υψηλή αλατότητα όπου κανείς υδρόβιος θηρευτής της δεν μπορεί να αντέξει. Τα φλαμίνγκο όπως ήδη αναφέρθηκε αποτελούν τον κυριότερο θηρευτή της αλλά αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα για τους πληθυσμούς της.



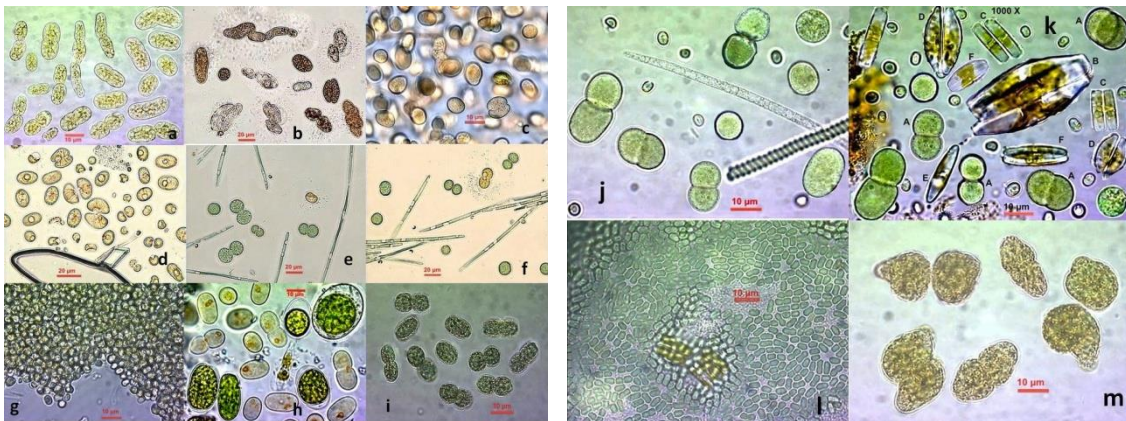
Σχήμα 12. Ενυδρεία στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού γεμάτα με αρτέμια που συλλέχθηκε από τις αλυκές Μεσολογίου. Το χρώμα του θαλασσινού νερού στο οποίο εισήχθη η αρτέμια έχει πάρει κοκκινωπό χρώμα από το πλήθος της αρτέμια. Αυτή η αρτέμια χρησιμοποιείται για να θρέψει γόνους ψαριών που βρίσκονται σε άλλα ενυδρεία (φωτογρ. Γ. Χώτος).



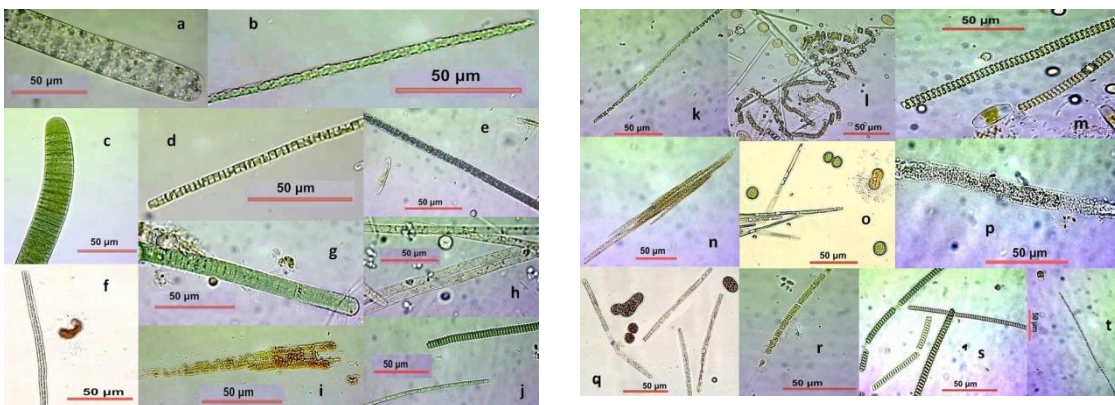
Σχήμα 13. Το μεγάλο μεγέθους (150 - 300 μm) βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Fabrea salina* (αριστερά) είναι από τους πιο αλοανθεκτικούς ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Βρίθεται στις λεκάνες υψηλής αλατότητας των αλυκών και τρέφεται με ηθμοφαγία. Όταν στο νερό υπάρχει πολύ *Dunaliella* η *F. salina* καταναλώνει αφειδώς τα κύτταρα της *Dunaliella* και μπορεί μερικές φορές να "καθαρίσει" ολόκληρη δεξαμενή. Στη φωτογραφία αριστερά αποτυπώνεται μια *Fabrea* που βρίσκεται σε διαδικασία πέψης 4 κυττάρων *Dunaliella* πλούσιων σε καρωτένια (κόκκινα) καθώς και άλλων που είναι ακόμα πράσινα. Η αλατότητα είναι πολύ μεγάλη (170 ppt) δείγμα της εκπληκτικής αντοχής αυτών των ειδών. Δεξιά πάλι από τις αλυκές δείγμα κοκκοειδών κυανοβακτηρίων αγνώστου είδους (ίσως γένους *Synechococcus*) το οποίο είναι πολύ ενδιαφέρον διότι εμφανίζει τις εκκρίσεις υπό μορφή βλέννας περίξ των κυττάρων, κάτι που είναι γνωστό ότι κάνουν τα κυανοβακτήρια (αλλά πολύ σπάνια αποτυπώνεται σε φωτογραφίες). Δείγματα από αλυκές Μεσολογγίου, φωτογρ. Γ. Χώτος, 2015-17.

Οι υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών και γενικώς οι υπεράλμυρες λίμνες ανά την υφήλιο (π.χ. Νεκρά Θάλασσα, Great Salt Lakes, Urmia Iran κ.ά.) αποτελούν εξαιρετικής σημασίας ακραία περιβάλλοντα με μεγάλο ενδιαφέρον για την επιστήμη. Ο άνθρωπος έχει αρχίσει να αντιλαμβάνεται ότι οι θαυμαστές προσαρμογές που έχουν αναπτύξει οι οργανισμοί που αντέχουν σε τέτοια περιβάλλοντα μπορεί να δώσουν απαντήσεις σε θέματα οικολογικής ισορροπίας αλλά και δυνατοτήτων επιβίωσης σε ακραίες συνθήκες. Ακόμα και η μέλλουσα ζωή στο διάστημα ή στον Αρη, όταν και όπως επιχειρηθεί, τέτοιους οργανισμούς θα χρησιμοποιήσει. Μέχρις εδώ αναφέρθηκαν τα φλαμίνγκο, τα αλοβακτήρια, η ντουναλιέλλα, η αρτέμια, η *Fabrea* και οι μεταξύ τους σχέσεις με κυρίαρχο στοιχείο τις καρωτενοειδείς χρωστικές που παράγει η φωτοσυνθέτουσα ντουναλιέλλα και η βακτηριορουμερίνη που παράγει το αλοβακτήριο. Ενώ το αλοβακτήριο χρωματίζει απλώς το νερό κοκκινωπό η ντουναλιέλλα είναι αυτή που το χρωματίζει επίσης κοκκινωπό αλλά και επιπροσθέτως μεταβιβάζει το κόκκινο χρώμα σε αυτούς που θα την καταναλώσουν, δηλαδή στην αρτέμια άμεσα και στα φλαμίνγκο έμμεσα (μέσω της αρτέμια) και άμεσα (από την κατάποση των κυττάρων της). Όλα λοιπόν για το εξεταζόμενο "κόκκινο" χρώμα έχουν να κάνουν με τα καρωτένια. Δεν θα μπορούσαμε στο σημείο αυτό να μην αναφέρουμε και μια άλλη ομάδα μικροοργανισμών που και αυτοί αντέχουν σε υψηλές αλατότητες και επίσης παράγουν και συσσωρεύουν στα κύτταρά τους καρωτένια και με τους οποίους επίσης τρέφεται η αρτέμια καθώς και τα φλαμίνγκο. Πρόκειται για τα θαυμαστά κυανοβακτήρια ή όπως αλλιώς ονομάζονται μπλε-πράσινα φύκη τα οποία είναι προκαρυωτικοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί και υπάρχουν σε όλα τα είδη νερών του πλανήτη (Σχήματα 13, 14 & 15). Για όσους δεν έχουν ακούσει για αυτά να πληροφορησούμε ότι κυανοβακτήριο είναι και η διάσημη πλέον **σπιρουλίνα** που καλλιεργείται εντατικώς σε διάφορα μέρη του κόσμου (και στην Ελλάδα στη Νιγρίτα Σερρών) για να παραχθούν υγιεινές τροφές-πρόσθετα υψηλής αξίας. Στις υπεράλμυρες λίμνες των αλυκών Μεσολογγίου υπάρχει και ένα είδος

σπιρουλίνα αλλά και πλήθος άλλων κυανοβακτηρίων που αναμένουν να μελετηθούν επισταμένως για να αποκαλύψουν τον πλούτο της έμβιας ζωής του αλατιού.



Σχήμα 14. Κοκκοειδή κυανοβακτήρια από υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών Μεσολογίου, a) παράξενο σχήμα κυττάρων αγνώστου είδους, b) ποικίλα σχήματα κυττάρων μάλλον του γένους *Synechococcus* με στρώμα βλέννας γύρω τους, c) παντελώς άγνωστα είδη, d) νεφροειδούς μορφής κύτταρα αγνώστου είδους, e) & f) ποικίλα κύτταρα γένους *Aphanothece* σε διαίρεση, g) αποικία κυττάρων *Microcystis* sp., h) κύτταρα μάλλον *Synechococcus* μεταξύ κανονικών και παλμελλοειδών κυττάρων του χλωροφύκου *Tetraselmis marina*, i) μάλλον *Synechococcus* sp., j) κύτταρα *Cyanotheca* sp. σε φάση διαίρεσης ανάμεσα σε νήματα *Arthrospira* sp., k) κύτταρα *Aphanothece* sp. and *Cyanotheca* sp. μαζί με διάτομα, l) πυκνή αποικία μικρών πράσινων κυττάρων μάλλον *Synechococcus*, m) παράξενα διαμορφωμένα κύτταρα μάλλον *Synechococcus* sp., (φωτογρ. Γ. Χώτος από δείγματα των αλυκών).



Σχήμα 15. Νηματοειδή κυανοβακτήρια από υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών Μεσολογίου, a) *Oscillatoria* sp., b) απροσδιόριστο τρίχωμα, c) *Oscillatoria* sp., d) απροσδιόριστο τρίχωμα, e) *Beggiatoa* sp.?, f) απροσδιόριστο τρίχωμα, g) *Lyngbya* sp., h) *Tychonema* sp., i) *Arphanizomenon* sp., j) *Pseudoanabaena* sp.? και *Arthrospira* sp., k) *Prochlorothrix* sp., l) *Anabaena* sp., m) *Arthrospira* sp. παχιά και λεπτά νημάτια n) *Arphanizomenon* sp., o) *Prochlorothrix* sp.?, p) *Cyndrospermopsis* sp.?, q) *Beggiatoa* sp. ανάμεσα σε *Synechococcus*, r) *Cyndrospermopsis* sp., s) Θραύσματα νημάτων *Arthrospira* (σπιρουλίνα) ποικίλου πάχους, t) *Cyndrospermopsis* sp.?

Όμως στην υπεραλατότητα εκτός από τη ντουναλιέλλα και τα κυανοβακτήρια αξίζει να αναφερθεί και ένα άλλο πράσινο μικροφύκος που μοιράζεται την ίδια σχεδόν αντοχή με τη ντουναλιέλλα στην υπεραλατότητα και αναπτύσσεται και αυτό μαζί της στις υπεράλμυρες λεκάνες, το οποίο και αυτό παράγει καρωτένια όχι όμως στο βαθμό που τα παράγει η ντουναλιέλλα. Πρόκειται για την "**αστερομονάς**" (επιστημονικό όνομα *Asteromonas gracilis*) το οποίο και αυτό καλλιεργείται από τριακονταετίας στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού και αποτελεί πολύτιμη τροφή για ένα σωρό καλλιεργούμενα υδρόβια ασπόνδυλα (τροχόζωα, κωπήποδα, αρτέμια, πρωτόζωα). Το κύτταρό του είναι πολύ μεγαλύτερο από της ντουναλιέλλα, έχει 2 μαστίγια, είναι πολύ κινητικό και το πιο εντυπωσιακό του γνώρισμα είναι η αστεροειδής μορφή του (Σχήμα 16) που παρουσιάζει καθώς στροβιλίζεται στο νερό (εξ' ου και το όνομά του "αστερομονάς").



Σχήμα 16. Φωτογραφία μικροσκοπίου κυττάρων της αστερομονάς (*Asteromonas gracilis*) από αποθέματα που διατηρούνται στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού και έχουν προέλθει από τις αλυκές Μεσολογίου. Χαρακτηριστική η ποικιλία που παρουσιάζουν τα κύτταρα καθώς στροβιλίζονται στη στήλη του νερού, μερικά εμφανίζουν την εντυπωσιακή εξάκτινη μορφή (φωτογρ. Γ. Χώτος).

Τελειώνοντας αυτή τη συνοπτική πραγματεία για το θαυμαστό κόσμο της ζωής στις αλυκές που προήλθε από την ανάγκη να εξηγηθεί το "κοκκινωπό" χρώμα των νερών που εμφανίζεται εκεί, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί και το πως έχει η κατάσταση από την πλευρά της παραγωγής αλατιού που είναι άλλωστε ο σκοπός για τον οποίο υπάρχουν οι αλυκές. Έτσι λοιπόν και σε αντίθεση με τον εκθιασμό των οργανισμών που αντέχουν στην υψηλή αλατότητα που επιχειρήθηκε στο παρόν πόνημα, οι παραγωγοί του άλατος και διαχειριστές των αλυκών θεωρούν την ντουναλιέλλα και τα κυανοβακτήρια που αυξάνονται στις λεκάνες υψηλής αλατότητας ως μαστίγια. Και τα θεωρούν μαστίγια επειδή η υπερβολική ανάπτυξη αυτών των οργανισμών στις τελικές λεκάνες όπου κρυσταλλώνεται το αλάτι προκαλεί παραγωγή και έκκριση ουσιών που υποβαθμίζουν την καθαρότητα του παραγομένου άλατος. Δηλαδή η γλυκερίνη που παράγει η ντουναλιέλλα και η βλέννα

(πολυσακχαρίτες) που εκκρίνουν τα κυανοβακτήρια δημιουργούν ενοχλητικές προσμίξεις στο αλάτι από τις οποίες δύσκολα αυτό (το αλάτι) καθαρίζεται. Ομως οι παραγωγοί δεν μπορούν να αποφύγουν αυτή την κατάσταση και αυτό που ελπίζουν κάθε φορά είναι να μην υπάρχει μεγάλη πληθυσμιακή ανάπτυξη αυτών των οργανισμών.

Ανακεφαλαιώνοντας αυτά που αναφέρθηκαν στο παραπάνω κείμενο, αξίζει να συγγρατήσουμε και να θυμόμαστε τα εξής:

1. Το ροζ-κοκκινοπορτοκαλί χρώμα των υπεράλμυρων λεκανών των αλυκών δεν οφείλεται ούτε στο ιώδιο, ούτε σε κάποια άλλη διαλυμένη στο νερό χημική ουσία.
2. Το ροζ-κοκκινοπορτοκαλί χρώμα των υπεράλμυρων λεκανών των αλυκών οφείλεται αποκλειστικά στην υπερβολική ανάπτυξη δύο οργανισμών, του μικροφύκου ντουναλιέλλα *Dunaliella salina* και του αλοβακτηρίου *Halobacterium salinarum*.
3. Τόσο η ντουναλιέλλα όσο και το αλοβακτήριο το κοκκινωπό χρώμα των κυττάρων τους το οφείλουν στις βιολογικές χρωστικές β-καρωτένιο και βακτηριορουμερίνη που παράγουν αντίστοιχα. Τα καρωτένια έχουν κοκκινωπό χρώμα.
4. Υπάρχουν και άλλα μικροφύκη στις λεκάνες ενδιάμεσης αλατότητας εκεί όπου αναπτύσσεται η αλμυρογαρίδα αρτέμια και τρέφονται τα φλαμίνγκο. Αυτά τα μικροφύκη (χλωροφύκη και κυανοβακτήρια) παράγουν και αυτά και συσσωρεύουν στα κύτταρά τους καρωτένια.
5. Η αρτέμια αποκτά κοκκινωπό χρωματισμό από τα καρωτένια που έχει η τροφή της (μικροφύκη ντουναλιέλλα, αστερομονάς, κυανοβακτήρια).
6. Τα φλαμίνγκο αποκτούν κοκκινωπό χρώμα από τα καρωτένια που έχει η τροφή τους (αρτέμια και μικροφύκη).

Ως επιμύθιο ας συμπλέξουμε βιολογική γνώση και δέος μπρος στο θαύμα της ζωής που ξετυλίγεται στις αλυκές. Ο γράφων "ζει" με το αλάτι και βρίσκει στην πατρίδα του την Ελλάδα το νόημα της ζωής του. Αλλωστε η Ελλάδα είναι ... αλμύρα.

## Σχετική βιβλιογραφία του συγγραφέα

- **HOTOS, G.** (2016). The halotolerant green alga *Asteromonas gracilis*, an ideal tool for research, education and mass culture. A preliminary report. 2<sup>nd</sup> Intern. Congress on Appl. Ichthyology & Aquatic Environment. 10-12 Nov. 2016. Messolonghi Greece.
- **HOTOS, G.** (2018). Protists, Cyanobacteria, Rotifers and Crustacea from the hypersaline lakes of Messolonghi saltworks (W. Greece). 10<sup>th</sup> World Salt Symposium, 2018, Park city, Utah, U.S.A.. Research Gate: [https://www.researchgate.net/publication/324330065\\_Protists\\_Cyanobacteria\\_Rotifers\\_and\\_Crustacea\\_from\\_the\\_hypersaline\\_ponds\\_of\\_Messolonghi\\_Saltworks\\_W\\_Greece\\_Salt\\_and\\_the\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/324330065_Protists_Cyanobacteria_Rotifers_and_Crustacea_from_the_hypersaline_ponds_of_Messolonghi_Saltworks_W_Greece_Salt_and_the_environment)
- **KOROVESSIS, A. K., HOTOS, G. & G. ZALIDIS** (2018) The role of the ciliate protozoan *Fabrea salina* in solar salt production. 10<sup>th</sup> World Salt Symposium, 2018, Park city, Utah, U.S.A.
- **HOTOS, G.** (2019). Feeding with various microalgae the salt "loving" ciliate *Fabrea salina* in normal salinity 35 ppt. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 3(3):150-152. DOI: 10.26855/ijfsa.2019.07.00.
- **HOTOS, G.** (2019). A short review on the halotolerant green microalga *Asteromonas gracilis* Artari with emphasis on its uses. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 4(3): 1-8. DOI: 10.9734/ajfar/2019/v4i330054..
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.** (Hotos George) (2020). Βιολογικές χρωστικές και Φωτοσύνθεση. Research Gate, DOI: [10.13140/RG.2.2.13148.54406/1](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13148.54406/1)

- **HOTOS, G.** (2019). COCCOID CYANOBACTERIA IN THE HYPERSALINE PONDS OF MESSOLONGHI SALTERNS. Research Gate, DOI: [10.13140/RG.2.2.36501.27363](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36501.27363)
- **HOTOS, G.** (2019). *Fabrea salina* Henneguy, 1890. A heterotrichous ciliate thriving in hypersalinity, Research Gate, DOI: [10.13140/RG.2.2.33424.87041](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33424.87041)
- **HOTOS, G.** (2019). *Dunaliella*, το θαυμαστό φύκος των αλυκών, Research Gate, DOI: [10.13140/RG.2.2.36763.41763](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36763.41763)
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.**(Hotos George) (2016). THE MICROSCOPIC WATER LIFE IN THE HYPERSALINE ENVIRONMENT OF THE MESSOLONGHI SALTERN (Η ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΥΔΡΟΒΙΑ ΖΩΗ ΣΤΙΣ ΥΠΕΡΑΛΜΥΡΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΩΝ ΑΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ), Research Gate, DOI: [10.13140/RG.2.2.18939.11040/1](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18939.11040/1) (Έκδοση του Φορέα Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου).

Σχετικά βίντεο από μικροσκοπικές καταγραφές οργανισμών που ζουν στην υπεραλατότητα οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να βρουν στο κανάλι του YouTube στον ιστότοπο: [https://www.youtube.com/channel/UCoams0\\_M5zKLtvc0LsRCIyQ?view\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UCoams0_M5zKLtvc0LsRCIyQ?view_as=subscriber).