

# Αποτελεσματικότητα μεθόδων απολύμανσης για την αδρανοποίηση βακτηρίων του υδάτινου περιβάλλοντος

Ευαγγελία Καλέμη, Ιωσηφίνα Γουνάκη, Δανάη Βενιέρη

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Πολυτεχνειούπολη, 73100 Χανιά

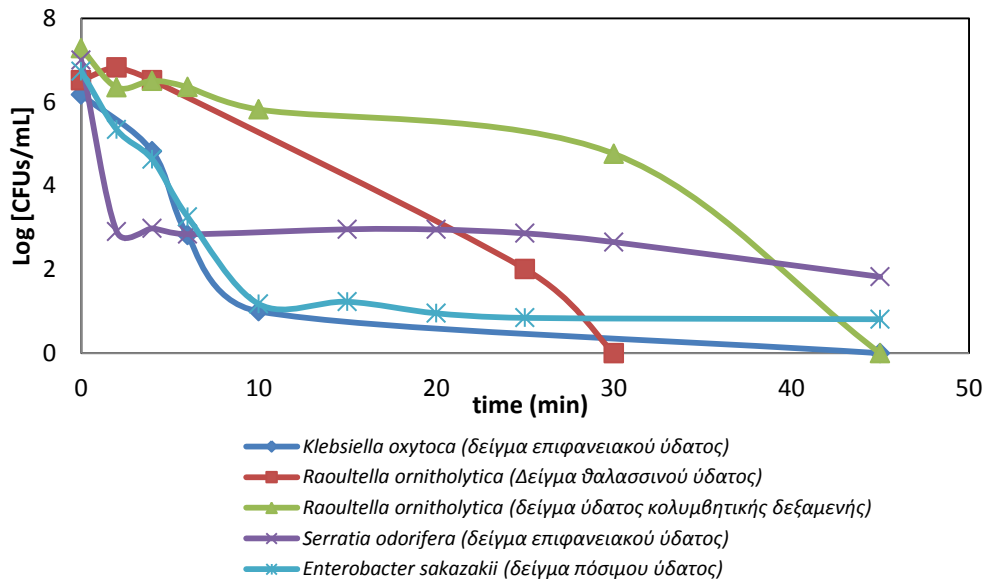
Η απολύμανση του νερού και των υγρών αποβλήτων κρίνεται αναγκαία για την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών και τον αποτελεσματικό έλεγχο μετάδοσης υδατογενών λοιμώξεων, οι οποίες δύνανται να προκληθούν. Η συνήθης μέθοδος απολύμανσης που χρησιμοποιείται ευρέως είναι η χλωρίωση, η οποία κρίνεται μεν αποδοτική για την αδρανοποίηση πολλών μικροοργανισμών, αλλά υπάρχει κίνδυνος παραγωγής τοξικών παραπροϊόντων. Εναλλακτικές μέθοδοι απολύμανσης, οι οποίες εφαρμόζονται ολοένα και περισσότερο είναι διάφορες τεχνολογίες που εντάσσονται στο πεδίο των Προηγμένων Διεργασιών Οξειδωσης (Advanced Oxidation Processes - AOPs). Οι τελευταίες βασίζονται στην επί τόπου δημιουργία ενδιάμεσων υψηλής δραστηριότητας όπως  $H_2O_2$ ,  $OH\cdot$ ,  $O_2\cdot^-$ ,  $O_3$  για την αδρανοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών και παραπροϊόντων απολύμανσης. Σε αυτόν τον τύπο τεχνολογιών ανήκει και η ετερογενής φωτοκατάλυση ( $TiO_2/UV-A$ ), η οποία εμφανίζει μεγάλη αποτελεσματικότητα, όσον αφορά στην απολύμανση νερού και αποβλήτων.

Με δεδομένα τα παραπάνω σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της αποτελεσματικότητας της χλωρίωσης και της φωτοκατάλυσης με ακτινοβολία UV-A για την αδρανοποίηση βακτηρίων που συλλέχθηκαν από το υδάτινο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, τα δείγματα περιλάμβαναν πόσιμο, θαλασσινό κι επιφανειακό νερό (λίμνες & ποτάμια), υγρά απόβλητα (είσοδος βιολογικού καθαρισμού & έξοδος δευτεροβάθμιας επεξεργασίας) και νερό κολυμβητικών δεξαμενών. Συνολικά ελήφθησαν 22 δείγματα σε διάρκεια τριών μηνών (Μάιος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος 2014). Πραγματοποιήθηκε μικροβιολογική ανάλυση των δειγμάτων με τη μέθοδο της διήθησης υπό κενό και τη χρήση φίλτρων νιτροκυτταρίνης διαμέτρου 0.45μm, ακολουθούμενη από καλλιέργεια σε εκλεκτικά θρεπτικά υλικά. Κατόπιν επώασης και βιοχημικής ταυτοποίησης με το σύστημα API (Biomérieux) απομονώθηκαν τα παρακάτω είδη βακτηρίων: *Pseudomonas cepacia*, *Aeromonas hydrophila*, *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus caprae*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Enterobacter sakazakii*, *Raoultella ornitholytica*, *Klebsiella oxytoca*, *Serratia odorifera*. Τα είδη αυτά εξετάστηκαν ως προς την αδρανοποίησή τους σε υδατική μήτρα με NaOCl συγκέντρωσης 0,3 mg/L ως προς  $Cl_2$ . Τα απομονωμένα στελέχη υπεβλήθησαν σε χλωρίωση βάσει της προέλευσής τους, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου αναλόγως της πηγής του βακτηρίου. Τα βακτήρια που παρουσίασαν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα υποβλήθηκαν και στη μέθοδο της φωτοκατάλυσης με UV-A ακτινοβολία παρουσία καταλύτη  $TiO_2$  συγκέντρωσης 50mg/L.

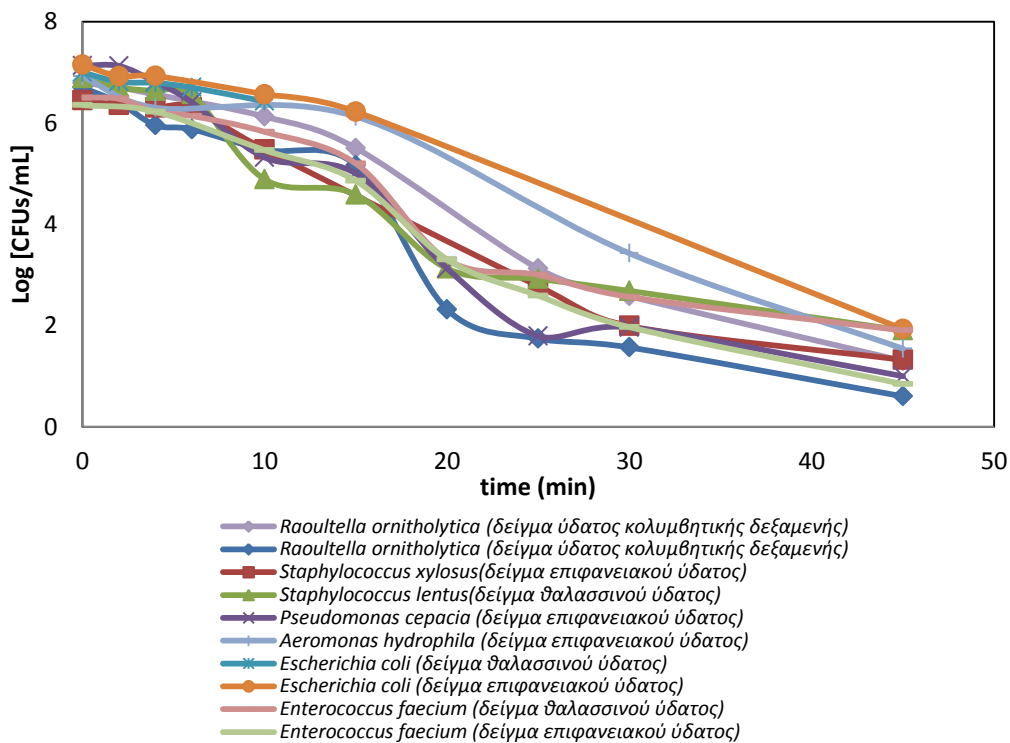
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η αποδοτικότητα των δύο μεθόδων εκτιμάται στους ακόλουθους άξονες:

- Η συσχέτιση της αποτελεσματικότητας της κάθε μεθόδου με την πηγή προέλευσης του βακτηρίου
- Η συσχέτιση της αποτελεσματικότητας της κάθε μεθόδου με το είδος του βακτηρίου

Στις εικόνες 1 & 2 φαίνεται πως το είδος του βακτηρίου αλλά και η πηγή του σε κάθε περίπτωση παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο ως προς την ανθεκτικότητά του κατά την εφαρμογή και των δύο μεθόδων απολύμανσης.



**Εικόνα 1.** Αδρανοποίηση των βακτηρίων με τη μέθοδο της χλωρίωσης.



**Εικόνα 2.** Αδρανοποίηση των βακτηρίων με τη μέθοδο της φωτοκατάλυσης  $TiO_2/UV-A$  ( $C_{TiO_2} = 50mg/L$ ).

Κάθε είδος βακτηρίου αντέδρασε διαφορετικά στην κάθε μέθοδο απολύμανσης. Η ανθεκτικότητα εξαρτάται από τις συνθήκες στις οποίες αναπτύχθηκε οι οποίες οφείλονται τόσο στις λειτουργίες του κυττάρου όσο και στο περιβάλλον από το οποίο απομονώθηκε. Συμπερασματικά, η χλωρίωση και η φωτοκατάλυση με ακτινοβολία UVA ήταν αποτελεσματικές στα είδη βακτηρίων που εξετάστηκαν. Ωστόσο, η φωτοκατάλυση παρουσιάζεται πιο αποτελεσματική για ανθεκτικά είδη, τα

οποία αδρανοποιήθηκαν με χαμηλό ρυθμό κατά τη χλωρίωση. Σε γενικές γραμμές, το ποσοστό μείωσης του πληθυσμού αγγίζει το 95% γεγονός που καθιστά τις δύο αυτές μεθόδους ικανοποιητικές για τα υπό μελέτη βακτήρια, ωστόσο, παρατηρήθηκε διαφορετική ανθεκτικότητα αναλόγως της προέλευσης των στελεχών. Το στοιχείο αυτό υπογραμμίζει τον προσεκτικό σχεδιασμό που πρέπει να λαμβάνει χώρα κάθε φορά όσον αφορά στην απολύμανση νερού και αποβλήτων, δεδομένης της σύνθετης μικροβιακής κοινότητας που περιέχεται σε αυτά.