

ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χλωραμίνες σχηματίζονται από την αντίδραση της αμμωνίας με υδάτινο(aqueous) χλώριο, κυρίως υδροχλωρικό οξύ. Αρχικά οι χλωραμίνες χρησιμοποιούνταν για την εξάλειψη οσμών και γεύσεων από το νερό. Ωστόσο σύντομα αποδείχθηκε πως οι χλωραμίνες είναι πιο σταθερές από το χλώριο και συνεπώς πιο αποτελεσματικές στην αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών. Το γεγονός αυτό συνέβαλε στη συστηματική χρήση τους ως απολυμαντικό μεταξύ 1930-1940, αν και η έλλειψη αμμωνίας που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της 'δημοτικότητας' τους (U.S EPA., 1999a).

2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΝ

Οι χλωραμίνες είναι αμίνες που περιέχουν στο μόριο τους τουλάχιστον ένα άτομο χλωρίου το οποίο συνδέεται άμεσα με άτομο αζώτου. Οι ανόργανες χλωραμίνες σχηματίζονται όταν διαλυμένο χλώριο αντιδρά με αμμωνία (www.lenntech.com/water-disinfection). Είναι ιδιαίτερα ασταθείς και διασπώνται προς άζωτο και υποχλωριώδες οξύ (U.S ECAO., 1994). Κατά την αντίδραση αυτή σχηματίζονται τρεις μορφές ανόργανων χλωραμινών : η μονοχλωραμίνη (NH_2Cl), η διχλωραμίνη (NHCl_2) και η τριχλωραμίνη (NCl_3) (Πίνακας 1) (www.lenntech.com/water-disinfection).

Πίνακας 1 : Είδη και χαρακτηριστικά χλωραμινών,

Πηγή : www.lenntech.com/water-disinfection

ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΟΝΟΜΑ	ΜΟΡΙΑΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΕΥΝΟΙΚΗ ΤΙΜΗ ΡΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
NH_2Cl	μονοχλωραμίνη	52	>7	καλή
NHCl_2	διχλωραμίνη	85	4-7	ανεκτή
NCl_3	τριχλωραμίνη	119	1-3	μέση
RNCl	οργανικές χλωραμίνες	ποικίλο	άγνωστη	άσχημη

Υπό κανονικές συνθήκες στα διαλύματα των χλωραμινών κυριαρχεί η μονοχλωραμίνη, η οποία όταν βρίσκεται σε υγρή μορφή έχει κίτρινο χρώμα, ενώ σε αέρια μορφή είναι άχρωμη. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι σε υγρή μορφή και είναι διαλυτή στο νερό. Στους -66°C στερεοποιείται, ενώ στους -50°C μετατρέπεται σε τριχλωραμίνη, χλώριο και άζωτο. Η τριχλωραμίνη είναι παχύρευστο υγρό κίτρινου χρώματος είτε κρύσταλλοι

ρομβικού σχήματος. Είναι γενικά αδιάλυτη σε κρύο νερό και διασπάται στο ζεστό νερό. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας έχει τη μορφή κρυστάλλων (U.S ECAO., 1994).

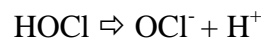
Το χλώριο και οι ανόργανες και οργανικές χλωραμίνες συνδέονται χημικά και μετατρέπονται μεταξύ τους σε διάφορες μορφές εύκολα. Ωστόσο ποτέ δεν υπάρχει μόνο η μία μορφή χλωραμίνης στα διαλύματα χλωραμινών. Ο χρόνος ημίσειας ζωής των ανόργανων χλωραμινών ποικίλει από λεπτά μέχρι εικοσιτρείς ημέρες ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν (www.lenntech.com/water-disinfection).

3 ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ

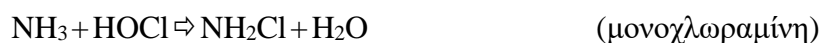
Οι χλωραμίνες ουσιαστικά σχηματίζονται από την αντίδραση της αμμωνίας με το υδροχλωρικό οξύ. Το διάλυμα που προκύπτει μπορεί να περιέχει μονοχλωραμίνες (NH_2Cl), διχλωραμίνες (NHCl_2) ή τριχλωραμίνη (NCl_3). Κατά τη διάλυση του χλωρίου στο νερό, το χλώριο υδρολύεται με γρήγορους ρυθμούς σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση.



Το υποχλωριώδες οξύ που σχηματίζεται είναι ασθενές οξύ και διασπάται όπως φαίνεται στην παρακάτω αντίδραση.

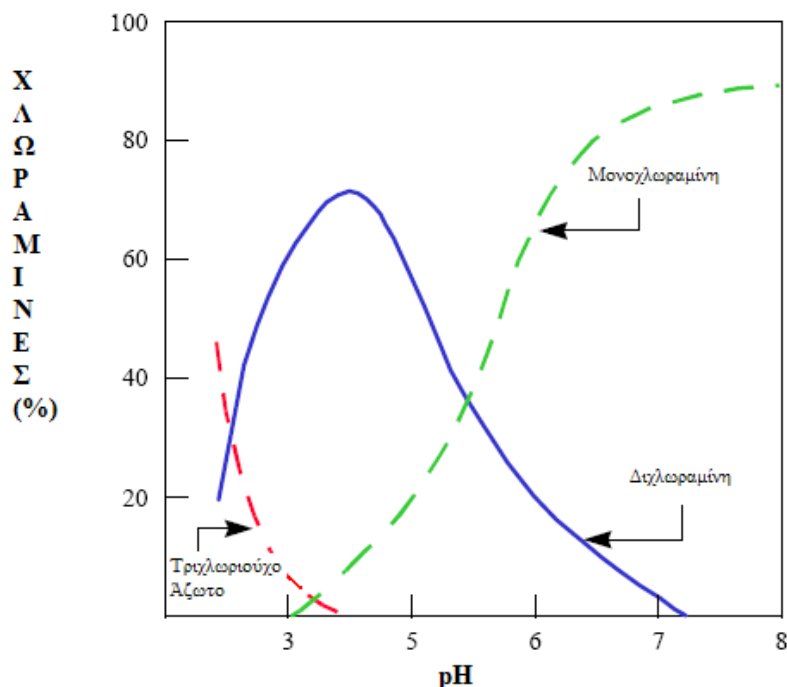


Η αναλογία μεταξύ υποχλωριώδους οξέος και υποχλωριώδους ιόντος εξαρτάται από το pH. Είναι ισχυρά οξειδωτικά, όπως το χλώριο και αντιδρούν με διάφορες ουσίες που περιέχονται στο νερό (U.S EPA., 1999a; www.lenntech.com/water-disinfection). Σε υδατικά διαλύματα με pH 7,0-8,5 το υποχλωριώδες οξύ αντιδρά με την αμμωνία σχηματίζοντας τις χλωραμίνες με μια σειρά από ανταγωνιστικές αντιδράσεις (U.S EPA., 1999a). Κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων αυτών σχηματίζονται και οργανικές χλωραμίνες, οι οποίες δε διαχωρίζονται εύκολα από τις ανόργανες με κλασσικές μεθόδους ανάλυσης (www.lenntech.com/water-disinfection). Η ιδανική τιμή pH για το σχηματισμό των χλωραμινών είναι 8,4 (www.lenntech.com/water-disinfection). Η απλούστερη στοιχειομετρία μεταξύ των αντιδρώντων περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις (U.S EPA., 1999a).



Οι παραπάνω αντιδράσεις εξαρτώνται κυρίως από το pH και την αναλογία μεταξύ χλωρίου και αζώτου. Σε τιμές pH πάνω από 7 κυριαρχεί η μονοχλωραμίνη, ενώ σε χαμηλότερες τιμές pH κυριαρχεί η διχλωραμίνη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Σε τιμές pH 3-5 συνυπάρχουν και τα τρία είδη χλωραμινών, ενώ σε pH χαμηλότερο από 3 σχηματίζεται κυρίως τριχλωραμίνη (U.S EPA., 1999a; www.lenntech.com/water-

disinfection). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει μεταβολή του pH ή της αναλογίας χλωρίου – αζώτου για διάστημα παραπάνω από μία μέρα, η μονοχλωραμίνη μετατρέπεται σταδιακά σε διχλωραμίνη με ποσοστό 57%. Επίσης η θερμοκρασία και ο χρόνος επαφής διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των χλωραμινών (U.S EPA., 1999a).



Σχήμα 1 : Αναλογία pH-χλωραμινών, Πηγή : www.lenntech.com/water-disinfection

Μεταξύ των χλωραμινών προτιμάται η μονοχλωραμίνη για την απολύμανση του ύδατος, λόγω της αστάθειας του μορίου της διχλωραμίνης στην παρουσία υδροχλωρικού οξέος και των προβλημάτων γεύσεων και οσμών που σχετίζονται με τη διχλωραμίνη και την τριχλωραμίνη. Για να αποφευχθεί ο σχηματισμός αυτών των παραγώγων πρέπει να διατηρείται η αναλογία χλωρίου – αμμωνίας 3:1 (U.S EPA., 1999a). Η ιδανική αναλογία μεταξύ χλωρίου – αμμωνίας είναι 6:1, αν και συνήθως κατά το σχηματισμό των χλωραμινών είναι 3-5:1 (www.lenntech.com/water-disinfection). Η αναλογία μεταξύ χλωρίου και αμμωνίας για το σχηματισμό χλωραμινών περιγράφεται στον Πίνακα 2 (U.S EPA., 1999a).

Πίνακας 2 : Απαιτούμενη δόση χλωρίου – αμμωνίας, Πηγή : U.S EPA., 1999a

ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ		mg Cl ₂ /mg NH ₃
ΜΟΝΟΧΛΩΡΑΜΙΝΗ	(NH ₂ Cl)	4,2
ΔΙΧΛΩΡΑΜΙΝΗ	(NHCl ₂)	8,4
ΤΡΙΧΛΩΡΑΜΙΝΗ	(NCl ₃)	12,5
ΑΖΩΤΟ	(N ₂)	6,3
ΝΙΤΡΙΚΑ	(NO ₃)	16,7

3.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΝ

Καθώς οι χλωραμίνες παρασκευάζονται από το συνδυασμό δύο ουσιών, η παρασκευή τους περιλαμβάνει την παροχή χλωρίου και αμμωνίας στο σύστημα. Το χλώριο μεταφέρεται στη μονάδα επεξεργασίας και διοχετεύεται στο σύστημα είτε στην αέρια μορφή του που είναι και η πιο οικονομική είτε σαν υποχλωριώδες νάτριο. Η αμμωνία είναι δυνατόν να παρασκευαστεί επιτόπου ή να μεταφερθεί στη μονάδα επεξεργασίας. Οι περισσότερες μονάδες χρησιμοποιούν είτε αέρια (άνυδρη) αμμωνία είτε υγρή αμμωνία. Η άνυδρη αμμωνία είναι αέριο σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος και ιδιαίτερα διαλυτή στο νερό (U.S EPA., 1999a).

4 ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ

Ο μηχανισμός με τον οποίο αδρανοποιούν οι χλωραμίνες τους παθογόνους μικροοργανισμούς δεν έχει ερευνηθεί εκτενώς. Θεωρείται πως είναι παρόμοιος με τον τρόπο δράσης του υποχλωριώδους οξέος (U.S ECAO., 1994). Σε έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί για την αδρανοποίηση του *E.coli* από τις χλωραμίνες, η μονοχλωραμίνη αντιδρά με τα αμινοξέα, την κυστεΐνη και τη μεθιονίνη (U.S EPA., 1999a). Κατά αυτόν τον τρόπο ο μηχανισμός αδρανοποίησης θεωρείται πως περιλαμβάνει τη διακοπή της σύνθεσης των πρωτεϊνών και των κυτταρικών λειτουργιών, όπως η αναπνοή, και τη διάρρηξη της κυτταρικής μεμβράνης (U.S EPA., 1999a; www.lenntech.com/water-disinfection). Πιο συγκεκριμένα η μονοχλωραμίνη αντιδρά με το αμινοξέα που υπάρχουν στο DNA των βακτηριών, ενώ οι οργανικές χλωραμίνες προκαλούν ανωμαλίες στα χρωμοσώματα των ερυθρών κυττάρων (U.S ECAO., 1994; www.lenntech.com/water-disinfection). Σε ότι αφορά την αδρανοποίηση των ιών, όπως και με το χλώριο, ο μηχανισμός δράσης είναι πιο αργός και εξαρτάται από το είδος του ιού και τη συγκέντρωση του απολυμαντικού (U.S EPA., 1999a; www.lenntech.com/water-disinfection).

4.1 ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΑΦΗΣ

Ο σχηματισμός της μονοχλωραμίνης περιλαμβάνει αρχικά την προσθήκη αμμωνίας και στη συνέχεια του χλωρίου ή αντιστρόφως. Η αμμωνία προστίθεται πρώτα όταν οι οσμές και οι γεύσεις λόγω της αντίδρασης μεταξύ χλωρίου και οργανικών ενώσεων αποτελούν σημαντικό πρόβλημα. Ωστόσο, στις περισσότερες μονάδες επεξεργασίας ύδατος αρχικά προστίθεται το χλώριο, ώστε να επιτευχθεί η απαραίτητη συγκέντρωση και χρόνος επαφής. Ουσιαστικά η προσθήκη της αμμωνίας πραγματοποιείται για τη μείωση της ποσότητας του υπολειμματικού χλωρίου μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε να περιοριστεί ο σχηματισμός οργανικών παραπροϊόντων (U.S EPA., 1999a).

5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΝ

Η δράση των χλωραμινών όπως και των υπόλοιπων απολυμαντικών μέσων εξαρτάται από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως το pH, η θερμοκρασία και η παρουσία οργανικών και ανόργανων συστατικών στο νερό (U.S EPA., 1999a).

5.1 pH

Η επίδραση του pH στην απολύμανση σχετίζεται περισσότερο με το είδος του μικροοργανισμού παρά με το απολυμαντικό μέσο, αν και στην προκειμένη περίπτωση το pH επηρεάζει το είδος των χλωραμινών. Έχει αποδειχθεί πως η αποτελεσματικότητα της μονοχλωραμίνης και της διχλωραμίνης δεν είναι ίδια. Ορισμένες μελέτες δείχνουν πως η μονοχλωραμίνη είναι πιο δραστική από τη διχλωραμίνη, ενώ άλλες μελέτες δείχνουν το αντίθετο. Ωστόσο η χρήση διαλυμάτων που περιέχουν σχεδόν ίδια συγκέντρωση μονοχλωραμίνης και διχλωραμίνης είναι πιο αποτελεσματική από διαλύματα που περιέχουν μόνο ένα είδος χλωραμίνης (U.S EPA., 1999a).

5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Όπως συμβαίνει και με τα υπόλοιπα απολυμαντικά μέσα, αντίστοιχα η αδρανοποίηση των βακτηρίων και των ιών από τις χλωραμίνες αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Όμως η αποτελεσματικότητα μειώνεται δραματικά σε περιβάλλον με υψηλό pH και χαμηλή θερμοκρασία. Για παράδειγμα η αδρανοποίηση του *E.coli* είναι εξήντα φορές πιο αργή σε pH 9,5 και θερμοκρασίες από 2 έως 6°C από ότι σε pH 7 και θερμοκρασίες από 20 έως 25°C.

5.3 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Σε αντίθεση με την αμμωνία, το χλώριο αντιδρά με οργανικά αζωτούχα συστατικά σχηματίζοντας πληθώρα οργανικών χλωραμινών. Οι οργανικές χλωραμίνες είναι ανεπιθύμητα παραπροϊόντα, καθώς συμβάλλουν ελάχιστα ή σχεδόν καθόλου στην αδρανοποίηση των μικροοργανισμών (U.S EPA., 1999a).

6 ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΩΝ ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΝ

Ο σχηματισμός παραπροϊόντων από τη χρήση χλωραμινών εξαρτάται από την αναλογία χλωρίου – αμμωνίας, το pH, το βαθμό ανάμιξης και το σημείο προσθήκης της αμμωνίας σε σχέση με το χλώριο.

Η μονοχλωραμίνη (NH₂Cl) δεν παράγει παραπροϊόντα σε μεγάλο βαθμό, αν και μπορεί να σχηματιστεί διχλωροοξικό οξύ. Επίσης ο σχηματισμός του χλωριούχου

κυανίου (cyanogen chloride) ευνοείται περισσότερο από ότι με το χλώριο. Η μη ταυτόχρονη προσθήκη του χλωρίου και της αμμωνίας έχει ως αποτέλεσμα το χλώριο να αντιδρά με ουσίες που περιέχονται στο νερό πριν τον ολοκληρωτικό σχηματισμό των χλωραμινών. Επιπροσθέτως, σε υδατικά διαλύματα η μονοχλωραμίνη υδρολύεται αργά προς χλώριο. Κατά αυτόν τον τρόπο ο σχηματισμός των αλογόνων πραγματοποιείται ακόμη και όταν στο σύστημα έχει σχηματιστεί μονάχα η μονοχλωραμίνη.

Η χρήση των χλωραμινών έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό οργανικών χλωριούχων ενώσεων σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με το χλώριο. Ωστόσο ελάχιστα είναι γνωστά σχετικά με αυτά τα παραπροϊόντα εκτός από το ότι είναι υδροφιλικά και έχουν μεγαλύτερο μοριακό βάρος από τις υπόλοιπες αλογονούχες ενώσεις που σχηματίζονται με τη χρήση χλωρίου (U.S EPA., 1999a).

7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΝ

Λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος για τα οργανικά παράγωγα της χλωρίωσης κατά την επεξεργασία ύδατος τις τελευταίες δύο δεκαετίες, όλο και πιο πολύ διαδόθηκε η χρήση των χλωραμινών, καθώς σχηματίζουν λιγότερα παραπροϊόντα. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα απολυμαντικά μέσα δεν οξειδώνουν το σίδηρο, το μαγγάνιο ή τα σουλφίδια (U.S EPA., 1999a).

7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Οι χλωραμίνες είναι λιγότερο δραστικές από το χλώριο, το όζον και το διοξείδιο του χλωρίου, ωστόσο είναι ιδιαίτερα οικονομική η παρασκευή τους. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην επεξεργασία του ύδατος ως δευτερεύον απολυμαντικό, καθώς δεν αντιδρούν με οργανικές ενώσεις όπως το χλώριο σχηματίζοντας οργανικά παραπροϊόντα. Ο μη σχηματισμός οργανικών παραπροϊόντων συμβάλλει στη μείωση οσμών και γεύσεων. Επίσης η μονοχλωραμίνη είναι πιο σταθερή από το χλώριο και το διοξείδιο του χλωρίου εξασφαλίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερη προστασία από την ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε συστήματα παροχής ύδατος με μεγάλα διαστήματα αποθήκευσης (U.S EPA., 1999a).

Ωστόσο ο σχηματισμός των χλωραμινών έχει αντίκτυπο στα υπόλοιπα στάδια της επεξεργασίας του νερού. Οι κυριότερες επιπτώσεις είναι :

- Η αμμωνία που προστίθεται για το σχηματισμό των χλωραμινών μπορεί να αποτελέσει θρεπτικό στοιχείο για τα νιτροποιά βακτήρια, με αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών στο προς κατανάλωση νερό.
- Οι δυσαναλογίες στις συγκεντρώσεις χλωρίου και αμμωνίας (αναλογία μεγαλύτερη από 8:1) μπορεί να προκαλέσουν διακοπή των αντιδράσεων του

χλωρίου.

- ο Η ανάμιξη χλωριωμένου νερού με νερό που περιέχει χλωραμίνες έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της υπολειμματικής ποσότητας των χλωραμινών και συνδυασμό της αμμωνίας με τη μονοχλωραμίνη παράγοντας διχλωραμίνη και τριχλωραμίνη. Στην περίπτωση του σχηματισμού τριχλωραμίνης απαιτείται αερισμός για την απομάκρυνσή της.
- ο Τέλος η προσθήκη της μονοχλωραμίνης πριν από τη διήθηση μειώνει την βιολογική ανάπτυξη στα φίλτρα. Το γεγονός αυτό έχει θετική επίπτωση, καθώς τα φίλτρα διατηρούνται καθαρά και μειώνεται η συχνότητα της έκπλυσης των φίλτρων. Επίσης όμως μειώνεται το ποσοστό απομάκρυνσης του βιοδιασπώμενου οργανικού άνθρακα (U.S EPA., 1999a).

Η απομάκρυνση των χλωραμινών από το νερό με χημικό τρόπο έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία αμμωνίας στο νερό, η οποία προκαλεί διάβρωση στο χαλκό και στο μόλυβδο, γεγονός που προκαλεί προβλήματα καθώς οι σωληνώσεις του νερού είναι κατασκευασμένες από χαλκό ή μόλυβδο. Για να αποφευχθούν προβλήματα διάβρωσης προστίθενται ορθοφωσφορικά στο σύστημα (www.lenntech.com/water-disinfection). Τέλος οι χλωραμίνες αντιδρούν με συγκεκριμένα είδη λάστιχων και μονωτικών υλικών που υπάρχουν στα πλυντήρια πιάτων και στους θερμοσίφωνες δημιουργώντας μαύρα ή γκρι σωματίδια, καθώς διαλύονται σταδιακά (www.epa.gov/chloramines).

7.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Η κατανάλωση νερού που περιέχει χλωραμίνες δε δημιουργεί προβλήματα υγείας, καθώς οι χλωραμίνες εξουδετερώνονται κατά το μεταβολισμό, εκτός αν γίνει εισπνοή των αερίων χλωραμινών που προκαλούν πνευμονία (U.S ECAO., 1994). Ωστόσο άνθρωποι με ασθενές ανοσοποιητικό σύστημα, όπως μικρά παιδιά, άνθρωποι μεγάλης ηλικίας, άνθρωποι με HIV και άνθρωποι που κάνουν χημειοθεραπεία πρέπει να μην καταναλώνουν νερό που περιέχει χλωραμίνες (www.lenntech.com/water-disinfection). Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, οι χλωραμίνες δεν προκαλούν αιματολογικές ανωμαλίες κατά την κατανάλωση νερού με περιεκτικότητα νερού 5mg/l για διάστημα 12 εβδομάδων. Είναι άγνωστο όμως αν έχει επιπτώσεις η έκθεση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (U.S ECAO., 1994).

Άνθρωποι με ανεπάρκεια νεφρών έχουν πρόβλημα από τη χρήση των χλωραμινών για την απολύμανση του νερού. Οι χλωραμίνες μπορεί να προκαλέσουν έλλειψη μεθεμογλοβίνης και προβλήματα υγείας στους ανθρώπους με ανεπάρκεια νεφρών, αν δεν απομακρυνθούν από το προς κατανάλωση νερό (U.S EPA., 1999a). Σε περίπτωση που το νερό έρθει σε επαφή με το σώμα, οι χλωραμίνες εισέρχονται στα αγγεία και είναι τοξικές για το αίμα (www.lenntech.com/water-disinfection). Οι χλωραμίνες

είναι επίσης θανατηφόρες για τα ψάρια, καθώς καταστρέφουν τα βράγχια, εισέρχονται στα κύτταρα και προκαλούν διαταραχές στο αίμα (U.S EPA., 1999a).

7.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Οι χλωραμίνες είναι σχετικά μη δραστικές στην αδρανοποίηση των ιών και των πρωτόζωων και συνήθως δε χρησιμοποιούνται ως πρωτεύων απολυμαντικό για το πρωτόζωο *Gardia* και τους ιούς, καθώς απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι επαφής. Ωστόσο λόγω της σταθερότητας του μορίου των χλωραμινών χρησιμοποιούνται ως δευτερεύων απολυμαντικό για τον περιορισμό της ανάπτυξης των μικροβίων στο σύστημα (U.S EPA., 1999a).

7.3.1 ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΙΩΝ

Σε αντίστοιχα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της απολυμαντικής δράσης των χλωραμινών, οι χρόνοι επαφής κυμαίνονται από δύο έως οχτώ ώρες, ενώ για το χλώριο από τέσσερα έως δεκαέξι λεπτά για τα ίδια επίπεδα αδρανοποίησης στις ίδιες συνθήκες (U.S EPA., 1999a).

7.3.2 ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΩΤΟΖΩΩΝ

Σε σχέση με τους υπόλοιπους παθογόνους μικροοργανισμούς τα βακτήρια και συγκεκριμένα τα ζυγωτά βακτήρια είναι τα πιο ανθεκτικά στην απολύμανση. Σύμφωνα με πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί οι χλωραμίνες είναι λιγότερο αποτελεσματικές από το χλώριο. Επίσης για τα ίδια ποσοστά αδρανοποίησης του *Entamoeba histolytica* η συγκέντρωση των χλωραμινών που απαιτείται είναι 8mg/l, ενώ του χλωρίου 3mg/l για χρόνο επαφής και στις δύο περιπτώσεις δέκα λεπτά (U.S EPA., 1999a).

7.3.3 ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

Διάφορες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για τον καθορισμό της αποτελεσματικότητας των χλωραμινών σε ότι αφορά την αδρανοποίηση των βακτηρίων. Σύμφωνα με τις παραπάνω έρευνες το χλώριο φαίνεται να αδρανοποιεί πιο γρήγορα τα εντερικά βακτήρια από ότι οι χλωραμίνες. Πιο συγκεκριμένα η αδρανοποίηση του *E.coli* επιτυγχάνεται σε χρόνο επαφής 240 λεπτών με τη χρήση χλωραμινών, ενώ με το χλώριο απαιτούνται μονάχα πέντε λεπτά χρόνο επαφής στις ίδιες συνθήκες pH και θερμοκρασίας (U.S EPA., 1999a). Η αδρανοποίηση του *E.coli* δεν εξαρτάται μόνο από το pH, τη θερμοκρασία και το χρόνο επαφής, αλλά και από τον ίδιο το μικροοργανισμό (Dommermair et al., 2003).

Σε παρόμοιες έρευνες η χρήση των χλωραμίνων στην απολύμανση του νερού έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή μέχρι 60% του πληθυσμού των βακτηρίων με χρόνο επαφής μικρότερο από δέκα λεπτά. Επίσης οι χλωραμίνες μειώνουν κατά 88% τα απομείναντα κολοβακτηρίδια πριν από τη διήθηση. Ουσιαστικά οι χλωραμίνες είναι αποτελεσματικές στην αδρανοποίηση διαφόρων ειδών βακτηρίων, όταν προστίθενται σε ικανοποιητικές ποσότητες (U.S ECAO., 1994).



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Αχαρνών 364 & Γλαράκι 10B, Αθήνα, 11145

Τηλ: 211 1820 163-4-5 Φαξ: 211 1820 166

e-mail: enerchem@enerchem.gr

web site: www.enerchem.gr