

L'impiego di acido peracetico nella disinfezione delle acque primarie

Giorgio Temporelli, Paola Gallo, Luca Tatti
S.I.T.A. srl, Andrea Gallo srl, Promox srl

Introduzione

Grazie alle sue spiccate proprietà ossidanti, l'acido peracetico viene da tempo utilizzato, in molte reazioni di sintesi, nell'industria chimica e farmaceutica e solo recentemente ha trovato impiego come agente disinfettante. Considerate le particolari caratteristiche chimiche unite all'elevata bio-ecocompatibilità, l'acido peracetico si presenta come un prodotto estremamente efficace e nello stesso tempo sicuro perchè non genera sottoprodotti dannosi; per questi motivi il suo utilizzo sta prendendo campo nei settori più svariati.

Negli ultimi anni l'acido peracetico è stato sperimentato anche in campo ambientale e in tale ambito, visti gli incoraggianti risultati, sono previsti nuovi sviluppi applicativi.

Grazie al suo elevato potere biocida ed alla bassa tossicità nei confronti degli organismi superiori, fornisce ottimi risultati in ambito zootecnico nella disinfezione di stalle e mangimi, in agricoltura e floricultura con l'abbattimento di muffe e microrganismi caratteristici dei vegetali, in ambito ospedaliero e nell'industria alimentare se usato come igienizzante per superfici e contenitori e come disinfettante per il trattamento delle acque. Scopo di questo articolo è dare evidenza dei principali vantaggi offerti dall'acido peracetico in un confronto diretto con i disinfettanti tradizionalmente utilizzati per la potabilizzazione delle acque, con particolare riguardo per quelle destinate al consumo umano.

Caratteristiche chimico-fisiche

L'acido peracetico appartiene alla famiglia dei perossidi organici, ovvero a quell'insieme di prodotti chimici caratterizzati dalla presenza, nella molecola, di due atomi di ossigeno direttamente legati tra loro: **il grup-**

po funzionale O-O che impartisce alla molecola particolari caratteristiche chimico-fisiche; tutti i perossidi infatti sono prodotti estremamente ossidanti caratterizzati da un elevato grado di decomposizione quando sollecitati da una qualsiasi forma di energia, sia essa meccanica, termica o chimica.

Le soluzioni commerciali, tuttavia, vengono formulate in modo da essere insensibili agli urti ed agli sfregamenti, in quanto adeguatamente preparate con opportuni stabilizzanti. Viceversa rimane l'estrema sensibilità del prodotto nei confronti delle impurezze, soprattutto metalliche: si è stimato che già 1 ppm (mg/l) di ferro in soluzione può generare un'azione destabilizzante in grado di ridurre di 10 volte il periodo di conservabilità.

Proprietà germicide

Un'importante applicazione dell'acido peracetico è quella germicida; il prodotto infatti risulta fortemente reattivo nei confronti di specifici gruppi funzionali presenti nella struttura delle membrane cellulari dei microrganismi. In particolare la sua azione ossidante riguarda gli atomi di zolfo, azoto e solfoni, pertanto sembra plausibile l'ipotesi che la degradazione della membrana cellulare avvenga sui gruppi S-H e S-S. Grazie al suo particolare meccanismo di azione l'acido peracetico risulta essere un agente biocida molto efficace e ad ampio spettro; interessanti risultati si sono infatti ottenuti contro batteri, spore, alghe, virus e protozoi.

Sperimentalmente è stato constatato che, con concentrazioni comprese tra 1 e 3 ppm e tempi di contatto tra i 30 e i 60', si ottengono sempre risultati considerevoli. Di seguito riportiamo alcuni interessanti risultati sperimentali che illustrano l'efficacia del prodotto nei confronti della carica batterica in un depuratore.

Trattamento dell'acqua di un depuratore

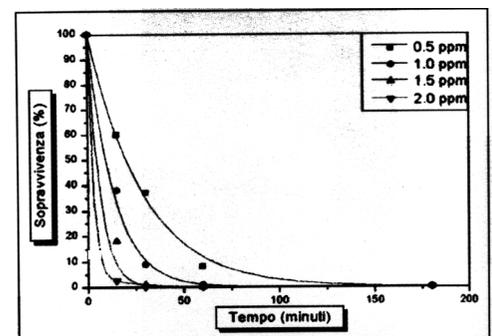


Figura 1 - Sopravvivenza dei coliformi fecali nell'acqua del depuratore trattata con PAA in varie concentrazioni.

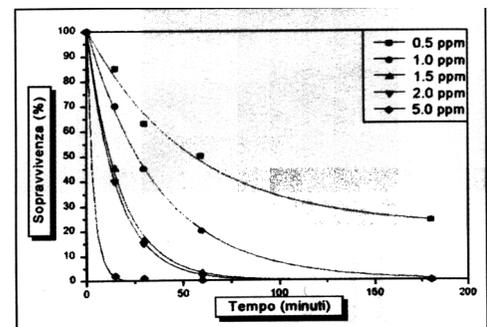


Figura 2 - Sopravvivenza degli streptococchi nell'acqua del depuratore.

Abbattimento delle alghe

Il contenimento degli organismi fitoplanctonici nei bacini di accumulo di acque da destinare ad uso irriguo è estremamente importante per le numerose conseguenze che i fenomeni di crescita algale possono determinare. Le massicce fioriture algali che insorgono frequentemente in tali ambienti possono provocare l'occlusione degli apparati per la microirrigazione di colture orticole e floricole. In tali acque i prodotti a base di cloro non possono essere utilizzati a causa della loro azione fitotossica anche nei confronti delle colture stesse. Per tali motivi

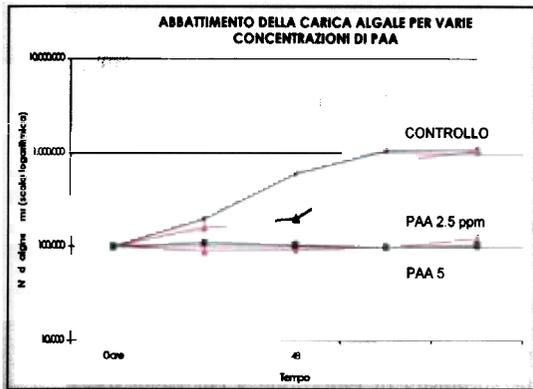


Figura 3 - Sopravvivenza dei coliformi fecali nell'acqua del depuratore trattata con PAA in varie concentrazioni.

sono state condotte delle sperimentazioni con l'obiettivo di verificare la possibilità di utilizzo dell'acido peracetico nei bacini di accumulo per eliminare e/o contenere la crescita delle alghe. Ad un'acqua contenente in ogni millilitro 10^5 cellule di un'alga verde unicellulare (*Selenastrum capricornutum*) sono state aggiunte quantità diverse di PAA (5 - 2,5 ed 1 ppm di principio attivo). La crescita delle alghe è stata determinata a tempi diversi di incubazione mediante il conteggio al microscopio del numero di cellule per unità di volume. Nel grafico seguente sono visibili le curve di crescita, ottenute riportando il valore medio della concentrazione cellulare in funzione al tempo, per ciascuna delle concentrazioni di acido peracetico utilizzate. Come si può osservare, l'acido peracetico ad una concentrazione di 2,5 ppm di principio attivo riesce ad esercitare un effetto inibente sulla crescita di *S. Capricornutum*. Una concentrazione di acido peracetico di 1 ppm riesce a rallentare nella fase iniziale la crescita dell'alga, senza tuttavia bloccarne totalmente lo sviluppo, che si manifesta in tempi successivi al trattamento. Anche nei confronti delle alghe l'acido peracetico si è dimostrato altamente efficace. Esperimenti sono stati fatti aggiungendo diverse quantità (1 - 2,5 - 5 ppm) di principio attivo a campioni d'acqua contenenti 100.000 cellule di un'alga verde unicellulare (*Selenastrum Capricornutum*) per ml. I risultati, riportati in figura 3, mostrano che un dosaggio di 1 ppm ha un effetto inibente solo per un limitato periodo di tempo, 2,5 ppm sono sufficienti per bloccare lo sviluppo, mentre con 5 ppm si ha la totale distruzione della flora algale in tempi inferiori ad 1 ora.

Abbattimento dei virus

Anche nei confronti dei virus l'acido peracetico si dimostra efficace, seppur

a dosaggi più elevati. La necessità di concentrazioni più elevate è dovuta alla tipologia della struttura esterna propria dei virus che meno si offre all'attacco degli ossidanti.

VIRUS	RIDUZIONE (%)	TEMPO (minuti)	PAA in H2O demineralizzata (ppm)	PAA in estratto di lievito (ppm)
POLIOVIRUS	99,99	10	10	2250
		15	15	1500-2250
		30	30	750-1500
		60	60	375-750
ECHOVIRUS	99,9	60	60	100-375
COXSACKIEVIRUS	100	15	15	525-975
		60	60	100-375

Tabella 1 - Azione dell'acido peracetico al 15% sui virus

Abbattimento di batteri, spore, lieviti e phages

I batteri sono caratterizzati da cellule procariote (nucleo primitivo), ovvero da cellule prive di un vero e proprio nucleo cellulare. In questi casi la sostanza nucleare (DNA-RNA) risulta essere immersa nel citoplasma assieme ai vari organelli ed enzimi specifici. La membrana citoplasmatica, di tipo semipermeabile, permette il mantenimento del delicato equilibrio di acqua e sali tra l'esterno e la cellula stessa e ricopre pertanto un ruolo d'importanza vitale. Attorno alla membrana citoplasmatica c'è la parete cellulare, rigida, che funge da "scheletro" ma che non svolge una funzione essenziale al fine della vita del battere.

A pH 5.0, la soluzione elimina tutte le spore nel giro di un'ora e comunque l'attività sporicida è ancora presente in soluzioni vicine alla neutralità. L'attività antimicrobica dell'acido peracetico, a differenza di quella di altri biocidi, viene mantenuta anche in presenza di acqua a durezza elevata ed è solo lievemente ridotta da eventuale contaminazione organica, dovuta ad esempio a sangue, siero, caseina, lievito o feci. Inoltre, essendo l'acido peracetico completamente miscibile con acqua, viene facilmente disciolto lasciando una superficie biologicamente pulita. I tempi di contatto e le concentrazioni di

acido menzionati sopra non sono necessariamente i minimi per una soddisfacente disinfezione. La vasta azione antimicrobica dimostrata suggerisce che in molti casi tempi minori di contatto e inferiori concentrazioni di acido

peracetico, rispetto ai dati citati, potrebbero già essere soddisfacenti.

La scelta di utilizzare la *P. aeruginosa* come organismo test per tali saggi è stata fatta tenendo conto della particolare resistenza che numerosi ceppi, soprattutto di origine ospedaliera ma anche ambientali, hanno mostrato verso diversi tipi di antibiotici e disinfettanti. Tale microorganismo va infatti considerato un ottimo indicatore dell'efficacia dei comuni sistemi di disinfezione utilizzati sia per le acque potabili che per le acque reflue e ad uso ricreativo. Il ceppo impiegato è un ATCC 27853. Le prove sono state effettuate utilizzando diluizioni di acido peracetico al 15% in acqua bidistillata sterile, in modo da ottenere concentrazioni finali di peracido di 600, 300, 150, 75, 25 e 10 mg/l.

Per ottenere un abbattimento del 99,99% della *P. aeruginosa* presente a concentrazione dell'ordine di 10^8 - 10^9 ufc/ml, è necessario un trattamento di disinfezione con acido peracetico a concentrazioni non inferiori a 100 ppm con tempi di contatto di 20 min. Dosi di peracido dell'ordine di 1 ppm e tempi di contatto di 20 minuti sono sufficienti invece per ottenere un'azione biocida su cariche di *P. aeruginosa* inferiori a 105 ufc/ml. La maggior parte della documentazione riportata in questa sezione è stata reperita nella più aggiornata bibliografia, ed è stata ampiamente verificata da parte degli utilizzatori. È indispensabile comunque effettuare sempre dei test preliminari prima di utilizzare il prodotto in applicazioni non oggetto di sperimentazione consolidata, contattando eventualmente la nostra assistenza tecnica.

TEMPO (min)	NUMERO DI SPORE VIVENTI PER ml			
	0.25% DI PAA AL 15%		0.50% DI PAA AL 15%	
	pH 5.0	PH 7.0	pH 5.0	pH 7.0
0	190000	240000	190000	240000
60	2	300	0	22
120	1	300	0	5,5
180	0	300	0	0
240	0	288	0	1
300	0	123	0	0

Tabella 2 - Effetto del peracetico sulle spore di *Bacillus Subtilis* NCTC 10452

Temperatura 20-25 °C

Tempo di contatto: *M. tuberculosis* 5 min
M. bovie BCG 2 min

	PAA 15% (g/l)	SIERO DI CAVALLO (g/l)	INDICE DI CRESCITA GIORNALIERA				
			1	2	3	4	5
NCYC 7115 H79V	2.5	0	0	1	0	0	0
	2.5	20	0	0	1	0	0
<i>M. bovie</i> n.c. 5692	2.5	100	0	1	0	1	0
	0	0	0	0	5	20	35
	1.25	0	0	0	0	0	0
	1.25	20	0	1	0	0	0
	1.25	100	0	0	1	0	0

Tabella 4 - Attività dell'acido peracetico al 15% nei confronti di Mycobacteria

TEMPO RICHIESTO PER IL 99,99% DI MORTALITÀ (min)			
PAA AL 15% (mg/l)	<i>Sac. cerevisiae</i> NCYC	<i>Sac. cerevisiae</i> NCYC	<i>Zygnocyc. bailli</i> NCYC
50	792	1028	580
100	> 30	> 30	> 30
200	> 30	10-30	5-10
300	5-10	< 5	< 5
600	< 5	< 5	< 5

Tabella 5 - Azione dell'acido peracetico al 15% sui lieviti a 25 °C a pH 5

PHAGES	MS2	MS2	OX174	OX174
RIDUZIONE	90%	99,99%	90%	99,99%
H ₂ O Demin.	< 25	80-100	< 50	150-200
Entr. di Lievito (0,4%)	200-500	500-630	200-500	630-730
Sangue (0,4%)	< 100	300-400	100-150	250-300
BSA (0,8%)	100-150	200-250	100-150	250-400
Tampone pH 5,0	25-50	80-100	< 50	100-150
Tampone pH 7,0	< 100	200-350	< 500	550-500
Tampone pH 9,0	150-200	1500-3000	750-1000	3500-5000
Tampone pH 11,0	750-1000	< 2500	2500-4000	4000-5000

Tabella 6 - Attività dell'acido peracetico al 15% nei confronti di Phages

14

Le prove sono state condotte su albumina di siero bovino (BSA)

CONCENTRAZIONE PAA 15% g/1000g	Fattore logaritmico di riduzione ottenuto Temperatura 20-25°C, tempo di contatto 5 min.				
	0.15	0.35	0.50	0.65	0.80
<i>Proteus mirabilis</i>	> 6.0	> 6.0	N.T.	> 6.0	> 6.6
<i>S. aureus aeruginosa</i>	> 6.6	> 6.6	> 6.6	> 6.6	> 6.6
<i>Staphylococcus aureus</i>	> 6.9	> 6.9	> 6.9	> 6.9	> 6.9
<i>Salmonella typhimurium</i>	> 6.6	> 6.6	> 6.6	> 6.6	> 6.6
<i>Candida albicans</i>	N.T.	5.48	N.T.	5.48	> 5.5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	N.T.	2/41	5.95	5.11	6.11

Tabella 7 - Attività dell'acido peracetico al 15% nei confronti dei batteri

Meccanismo di azione dei principali disinfettanti

Un'acqua deve essere disinfettata quando in essa sono presenti microrganismi patogeni in quantità infettiva (ovvero che il nostro organismo non riesce a contrastare naturalmente), viceversa si può definire disinfettata un'acqua dalla quale è stato eliminato il rischio di trasmissione di infezioni grazie all'abbassamento della carica microbica al di sotto di una certa soglia minima. Il processo di disinfezione non è del tipo "tutto o niente"; infatti quello che si ottiene con un qualsiasi trattamento efficace è la riduzione ad un valore molto basso (ma non nullo) per cui la probabilità di assumere con l'acqua una quantità infettante di microrganismi sia trascurabile. Il fatto che non si possa arrivare al 100% di abbattimento non dipende dalla natura del tipo di soluzione ma è un limite

fisico dovuto al fatto che l'interazione tra disinfettante e microrganismo è di tipo probabilistico.

Tale interazione risulterà tanto più efficace quanto più elevati saranno il tempo di "contatto" e la concentrazione (o l'intensità) dell'agente disinfettante. Rimane comunque chiaro che quando si arriva a livelli di riduzione della carica microbica dell'ordine di 4 - 5 log (99,99% - 99,999%), a parte casi eccezionalmente elevati di contaminazione, si può considerare l'acqua assolutamente sicura dal punto di vista microbiologico. Molti sono i disinfettanti che vengono o che possono essere impiegati nei processi di potabilizzazione delle acque.

A seconda della loro natura essi si possono dividere in:

◆ **Agenti chimici** (cloro gas, il biossido di cloro, l'ipoclorito di sodio, l'ozono e l'acido peracetico).

◆ **Agenti fisici** (essenzialmente calore e radiazione elettromagnetica, in particolare UV-C).

I biocidi di natura chimica agiscono sul microrganismo con una reazione di ossidazione che segue la cinetica di reazione tra due composti chimici: $K = C \cdot t$, dove K è un valore costante che dipende dal tipo di microrganismo, C è la concentrazione dell'agente disinfettante, t è il tempo di "contatto" e n è un valore caratteristico per ogni agente disinfettante. Se $n < 1$ il prodotto ha un'azione residua, se $n > 1$ il suo effetto si esaurisce velocemente, mentre se $n = 1$ tra concentrazione e tempo si instaura un rapporto di proporzionalità inversa esatta.

Il coefficiente n varia da 0,5 a 1,5 sia per i cloroderivati che per l'acido peracetico.

La reattività di un composto chimico è influenzata anche da altri fattori quali la temperatura, il pH e lo stato di agitazione della soluzione.

Il calore è un agente fisico di grande

semplicità ed efficacia il cui meccanismo di azione si esplica nella rottura dei legami chimici: $K = Tt$, dove K è un valore costante che dipende dal tipo di microrganismo, T è la temperatura e t è il tempo di esposizione.

La radiazione UV-C risulta essere altamente germicida a causa dell'assorbimento risonante di particolari lunghezze d'onda (254 nm) da parte delle strutture del DNA-RNA: $D = It$, dove D è il cosiddetto dosaggio, I è l'intensità di radiazione a cui viene sottoposto il microrganismo e t è il tempo di esposizione. Per quanto detto appare evidente che, qualsiasi agente disinfettante si usi, il tempo rimane in ogni caso un parametro di fondamentale importanza ai fini dell'efficacia di abbattimento. Per meglio capire quale sia il meccanismo di azione di un agente biocida, occorre descrivere la natura della struttura molecolare del microrganismo quindi, in ultima analisi, la reazione che si genera dal mutuo contatto con il disinfettante stesso.

La formazione di DBP, tossicità e mutagenicità. AMES test

I primi processi di disinfezione delle acque risalgono alla fine del secolo scorso e furono dettati dalla necessità di ridurre, per quanto possibile, la presenza di microrganismi patogeni, causa di numerose malattie ed epidemie. Solo in anni più recenti si è diffusa la consapevolezza che la scelta di un disinfettante piuttosto che un altro deve essere effettuata tenendo conto, oltre che del potere biocida, anche di un certo numero di fattori; tra i principali ricordiamo:

- ① La velocità di azione, ovvero il tempo di contatto o di esposizione necessario per raggiungere il risultato richiesto.
- ② La concentrazione richiesta di principio attivo.
- ③ La durata nel tempo - più o meno lunga - dell'azione disinfettante. Lo spettro di azione, ovvero l'efficacia nei confronti dei vari ceppi che in genere mostrano una diversa resistenza nei confronti di uno stesso biocida.
- ④ I costi di acquisto, installazione e mantenimento.
- ⑤ La pericolosità intrinseca (trasporto, stoccaggio, utilizzo).
- ⑥ La formazione di eventuali sottoprodotti durante il processo di disinfezione

Questo ultimo punto viene spesso tra-

CONCENTRAZIONE PAA al 15% (mg/l)	TEMPI DI CONTATTO DELLA SOSPENSIONE BATTERICA (10 ⁶ ufc/ml) CON DISINFETTANTE			
	20'	30'	45'	60'
25	+	+	+	+
75	+	+	+	+
150	+	+	+	+
300	+	+	+	+
600	-	-	-	-

CONCENTRAZIONE PAA al 15% (mg/l)	TEMPI DI CONTATTO DELLA SOSPENSIONE BATTERICA (10 ¹⁴ ufc/ml) CON DISINFETTANTE			
	20'	30'	45'	60'
10	-	-	-	-
25	-	-	-	-
75	-	-	-	-

+ crescita batterica

- assenza di crescita batterica

Tabella 8 - L'attività antimicrobica del peracido verso il ceppo di P. aeruginosa ATCC 27853

scurato, o peggio ignorato, pur essendo rilevante l'impatto sulla salute umana che eventuali sottoprodotti sono in grado di generare.

I DBP (Disinfection By Products) si distinguono in due categorie:

- ◆ **Agenti tossici** - sostanze in grado di influire, in maniera più o meno significativa, sul normale funzionamento di un organismo e quindi sullo stato di salute complessivo.
- ◆ **Agenti mutageni**: sostanze in grado di indurre trasformazioni nel patrimonio genetico dell'organismo.

I DBP vengono generati quando, come agente biocida, viene utilizzato il cloro o i cloro-composti (classicamente ipoclorito di sodio e biossido di cloro) o l'ozono. Pur essendo un potente ossidante l'acido peracetico non forma nessun tipo di sottoprodotto con attività tossica o mutagena; lo stesso si può dire per la radiazione ultravioletta ($\lambda=254\text{ nm}$). La problematica legata alle reazioni secondarie sta nel fatto che, spesso, quando si cerca di migliorare una cosa se ne peggiora un'altra; nella fattispecie occorre trovare il giusto equilibrio tra efficienza di disinfezione e la qualità finale dell'acqua dal punto di vista chimico.

Le fonti di potenziali agenti tossici e mutageni possono essere di diversa natura, in particolare:

Di origine antropica: acque di reflui industriali, acque di reflui civili, acque di reflui agricoli

Di origine naturale (precursori) contenuti nelle acque superficiali: acidi umici, acidi fulvici, alghe

Prodotti dall'azione dei disinfettanti: il cloro e l'ipoclorito di sodio sono i disinfettanti maggiormente in grado di formare sostanze tossiche e mutagene, in particolare *trialometani* e *cloroammine*.

Il biossido di cloro presenta un altro vantaggio che è la formazione di DBP inorganici quali lo *ione clorito* (ClO^2) e clorato (ClO^3); per questo motivo, in alcuni Stati (Germania), non ne è ammesso l'uso come disinfettante per le

acque potabili ma solo per il trattamento di quelle reflue. L'ozonizzazione di sostanze umiche dà origine a composti mutageni quali aldeidi, chetoni, acidi carbossilici e bromati (se l'acqua contiene ioni Br).

L'acido peracetico non interagisce con gli acidi umici e fulvici (costituiti da

sostanze organiche prodotte dalla degradazione della materia vegetale) e nemmeno con i composti azotati e altri microinquinanti organici generalmente contenuti, in quantità più o meno rilevante, nelle acque. Per questo motivo con il suo utilizzo non si ha generazione di cloroammine e/o alometani, sostanze dall'accertato potere mutageno e pertanto è da considerarsi un agente biocida particolarmente sicuro. Lo stesso discorso vale per la *radiazione UV-C* ($\lambda = 254\text{ nm}$). La presenza di *trialometani* (THM) e di altri composti mutageni nelle acque trattate è stata evidenziata la prima volta nel 1974; da questa data in poi hanno trovato sempre più spazio sul mercato sistemi di disinfezione alternativi al cloro.

Ogni agente disinfettante è caratterizzato da un potenziale effetto tossico nei confronti dell'ambiente o del

l'organismo sul quale viene utilizzato, per questo motivo vengono condotti studi di laboratorio, su varie specie animali, al fine di stabilire e quantificarne i vari effetti. Da tali risultati si cerca poi di estrapolare i valori più verosimili per l'uomo. Gli studi tossicologici riguardanti l'acido peracetico fanno pensare ad interessanti prospettive di sviluppo in quanto:

- ◆ risulta insapore e inodore e non risulta essere né tossico né mutageno (alle conc. d'uso nei settori della disinfezione di acque potabili e reflue);
- ◆ le dosi normalmente utilizzate nei processi di disinfezione sono sempre molto inferiori (almeno 100 volte) rispetto a quelle necessarie per causare i primi sintomi di tossicità (per le varie specie animali esaminate).
- ◆ è stato dimostrato un effetto sinergico nei confronti dei tradizionali disinfettanti a base di cloro: se dosato successivamente ad un processo

di clorazione è in grado di ridurre velocemente il cloro residuo (grazie all'azione riducente del perossido di idrogeno) portando ad una sensibile diminuzione dei DBP organoclorurati. Questa capacità lascia trasparire un'ulteriore possibile impiego come bloccante del cloro residuo in eccesso.

Per la valutazione della tossicità residua dovuta all'utilizzo di acido peracetico in un ambiente naturale l'acqua di un laghetto utilizzata per uso irriguo è stata trattata con 200 mg/l di Promox P550. Su di una porzione prelevata di acqua trattata è stata valutata la tossicità nei confronti di individui indicatori in funzione del tempo, determinando la sopravvivenza di crostacei (*Daphnia*) e di batteri (*Microtox*). I dati riportati in tabella illustrano la percentuale di sopravvivenza delle specie in esame reintrodotte nel sistema in tempi successivi, in funzione del tempo trascorso dalla disinfezione. Con la scomparsa dell'acido peracetico le specie in esame reintrodotte nel sistema sono sopravvissute totalmente. Ciò dimostra come l'acido peracetico sia completamente biodegradabile e non mostri segni di tossicità residua.

15

Tempo di contatto		SOPRAVVIVENZA DELLE SPECIE INDICATRICI					
		0 ore	3 ore	1 giorno	2 giorni	3 giorni	6 giorni
Test ecotossicità con d. Magna	TQ	100	100	100	100	100	100
	Trattata	100	0	0	0	0	100
Test di ecotossicità (Microtox) EC50 T5	TQ	100					100
	Trattata	100	83,38				100
Test di ecotossicità (Microtox) EC50 T15	TQ	100					100
	Trattata	100	87,12				100

Tabella 9 - Test di sopravvivenza

Conclusioni

L'inquinamento idrico sempre più diffuso e, parallelamente, la legislazione vigente sempre più attenta al problema della qualità delle acque, obbliga ad effettuare trattamenti di potabilizzazione su vasta scala e sempre più massicci. In genere i trattamenti (qualsiasi essi siano) non sono privi di "effetti collaterali", molto spesso quando si migliora un aspetto nello stesso tempo se ne peggiora un altro. I processi di potabilizzazione microbiologica non esulano da questo contesto; le cosiddette acque potabili contengono un gran numero di inquinanti, alcuni di questi di natura mutageno/cancerogena, generati proprio dall'azione dell'agente disinfettante. Non è un caso che il DP 24 maggio 1988 n° 236, concernente la qualità delle acque destinate al con-

sumo umano, preveda un valore di cloro libero max all'utilizzo di 0,2 ppm e che il trattamento delle acque primarie con biossido di cloro sia, in Germania, considerato fuorilegge perché causa di sottoprodotti pericolosi. Evidentemente, quando la carica microbica è molto elevata, si rende necessario aumentare il dosaggio di prodotto aumentando così il rischio chimico; viceversa dosaggi inferiori risulterebbero chimicamente sicuri ma microbiologicamente inefficaci. Il rapporto rischio chimico - biologico rimane il punto focale della questione: ricercare e diffondere agenti alternativi, di grande efficacia e con una bassa o nulla capacità di generare DBP, è il principale obiettivo da raggiungere nella disinfezione delle acque. Allo stato attuale delle conoscenze, l'acido peracetico ha dimostrato di avere le carte in regola, soddisfacendo in pieno i requisiti di efficienza e sicurezza richiesti, per questo motivo ne è auspicabile la diffusione ed un crescente impiego nel prossimo futuro. ■

Bibliografia

- ① *Acido peracetico: le proprietà ed i settori di applicazione. Situazione attuale e prospettive emergenti dalla sperimentazione* (ed. Promox, Agosto 1998)
- ② *Acido peracetico nella potabilizzazione delle acque* (ed. Promox, Agosto 1998)
- ③ *Ricerca bibliografica e prove sperimentali sull'uso dell'acido peracetico in agricoltura* (ed. Promox, Marzo 2000).
- ④ *Depurazione e disinfezione delle acque: l'acido peracetico e la balneabilità* (atti del convegno scientifico tenutosi a Ispra il 31 Gennaio 1997).
- ⑤ Collivignarelli, Bertanza, Baldi, Bettinsoli, Feretti, Gatti, Monarca, Pedrazzani "La disinfezione delle acque reflue confronto fra trattamenti di disinfezione: risultati sperimentali"

(4° giornata di Studio di Ingegneria Ambientale tenutasi all'Università di Brescia il 16 Giugno 1998).

- ⑥ Laura Volterra, Istituto Superiore di Sanità, Roma. "I biocidi usati nei processi di potabilizzazione: vantaggi e svantaggi" (Ambiente Risorse Salute n° 28-29 Giugno-Luglio-Agosto 1994).
- ⑦ R.L. Rajala-Mustonen, P.S.Toivola and H. Heinonen-Tanski - Department of Environmental Sciences, University of Kuopio "Effects of peracetic acid and UV irradiation on the inactivation of coliphages in wastewater" 1997.
- ⑧ Melchiorre-Fortuna "Igiene e disinfezione dell'acqua" Edizione Il Campo, 2° edizione dicembre 1989
- ⑨ Giorgio Temporelli "Acque destinate al consumo umano: tecniche di disinfezione", Bimestrale tecnico-scientifico L'AMBIENTE, Ranieri Editore, Marzo - Aprile 2000.

Summary

The disinfecting solution with a basis of peracetic acid, offers the best results with the smallest risks of formation of toxic underproducts (typical of the traditional biocidal products); for this reason a further diffusion and a bigger use of it, would be recommendable in the next future.

13 giugno 2001 Milano

Convegno e Tavola Rotonda "Energia pulita: una scommessa da vincere"

La richiesta sempre crescente di energia e il bisogno di vivere in un ambiente sano e pulito, impongono scelte consapevoli, necessarie a garantire uno sviluppo sostenibile della nostra società nei prossimi anni. L'energia del sole (pannelli solari, celle fotovoltaiche) e del vento, la geotermia, le biomasse, le celle a combustibile, divengono sempre più opportunita da studiare e da impiegare nella vita quotidiana. Un particolare impegno in questo viene richiesto alle aziende e agli istituti di ricerca perché mettano a punto prodotti affidabili e validi sotto il profilo tecnico ed economico, e alle amministrazioni pubbliche perché li diffondano sul loro territorio attraverso un uso corretto e utile alla comunità.

Scopo del convegno è pertanto quello di valutare la disponibilità di energie alternative e tecnologie pulite, mature sotto il profilo tecnico ed economico e pronte per essere impiegate, identificare i possibili campi di applicazione e stimolare i potenziali utenti, con particolare riguardo alle amministrazioni pubbliche, ad avvalersi di queste opportunità.

Promotrice Associazione GREEM
Organizzazione Studio L'Ambiente
Patrocínio e
Collaborazione Regione Lombardia

Sede del Convegno
Palazzo Regione Lombardia (Sala Pirelli)
Via Fabio Filzi, 22 • Milano

Per gli interessati:
Segreteria - Studio L'Ambiente
Via Tolstoj, 10/A - 20146 Milano
Tel. 02/48951515 - Fax 02/48955513 - E-mail: lambiente@iol.it