

I sottoprodotti della disinfezione: dalla scoperta ai giorni nostri

Sicuramente interessante ed assai vasto è il tema dei cosiddetti sottoprodotti della disinfezione, noti in gergo tecnico come DBPs (Disinfection By Products), ovvero quella vasta famiglia di sostanze che prendono inevitabilmente origine dall'interazione tra gli agenti ossidanti e disinfettanti utilizzati per il trattamento delle acque e la materia organica naturalmente presente nell'acqua stessa.

Idealmente un agente disinfettante utilizzato nei trattamenti di potabilizzazione delle acque dovrebbe possedere, oltre ad un elevato potere biocida, anche una serie di caratteristiche come un elevato potere di copertura nel tempo, assenza di tossicità, inalterazione dei caratteri organolettici e nessuna formazione di sostanze indesiderabili.

La realtà invece dimostra che l'utilizzo di un qualsiasi disinfettante produce nuovi elementi, in genere dannosi per l'uomo.

Il primo agente disinfettante a venire impiegato per il trattamento delle acque ad uso potabile è stato sicuramente il cloro. I primi utilizzi risalgono agli anni del XIX secolo dove, soprattutto in Inghilterra, si hanno le prime applicazioni di deodorizzazione dell'acqua che fanno ricorso al cloro sotto forma di "bleach solution"; tuttavia il suo primo impiego come disinfettante risale alla fine del XIX secolo quando fu adottato, in abbinamento alla filtrazione su sabbia, negli Stati Uniti, nella città di Louisville.

L'utilizzo sistematico di questo prodotto, soprattutto in forma gassosa, risale ai primi anni del XX secolo; numerose applicazioni trovarono realizzazione in Belgio e negli USA tanto che, già nel 1918, più di mille erano le città che regolarmente cloravano l'acqua potabile.

Attraverso tale pratica venne drasticamente ridotta la diffusione di alcune epidemie, come il tifo, che prima di allora costituivano un problema igienico sanitario di notevole portata; tuttavia dopo alcuni decenni venne scoperto dai ricercatori l'altro lato della medaglia: la formazione di sottoprodotti indesiderabili.

Le prime segnalazioni in merito si ebbero verso la fine degli anni 60, mentre nel 1974 Rook (Rotterdam Water Work) dimostrò la costante presenza di alcune sostanze tossiche e cancerogene in acque superficiali sottoposte a trattamento di clorazione: i trialometani. Tali risultati trovarono ulteriore conferma con il monitoraggio effettuato nel 1975 negli USA sulle acque potabili di circa ottanta differenti impianti di potabilizzazione, nonché da altri studi condotti in varie parti del mondo.

Inizialmente vennero identificati soltanto quattro trialometani, ovvero il cloroformio, il bromoformio, il bromodichlorometano ed il clorodibromometano, ma successivamente venne accertata la presenza anche di numerose altre sostanze alogenate che hanno origine a seguito della reazione tra il cloro e le sostanze organiche naturali presenti nell'acqua.

Il biossido di cloro è una sostanza che venne sintetizzata nei primi decenni del XIX secolo e di cui si scoprirono immediatamente le forti caratteristiche ossidanti, tuttavia a causa delle relative difficoltà di preparazione, sia di natura tecnica che economica, tale prodotto rimase poco applicato per lungo tempo.

Nel 1944 il biossido di cloro venne per la prima volta usato in un impianto di potabilizzazione negli Stati Uniti, ma non allo scopo di disinfettare l'acqua bensì come ossidante in grado di eliminare la presenza di gusti ed odori; negli anni successivi venne utilizzato con frequenza sempre maggiore anche nel controllo delle alghe, la rimozione del ferro e del manganese e nei processi di disinfezione.

Svolgendo un'azione prettamente ossidante, il biossido di cloro differisce dal cloro gas e dai suoi derivati soprattutto per quanto riguarda l'interazione con le sostanze organiche presenti nell'acqua la quale, essendo molto più modesta, da origine ad una formazione di sottoprodotti assai più contenuta. Non presentando l'inconveniente della formazione dei trialometani il biossido di cloro rappresenta un agente ossidante e disinfettante di grande interesse; va tuttavia ricordato che, sia a causa di una serie di reazioni di decomposizione che ad uno dei reagenti¹ utilizzati per la sua sintesi, il biossido di cloro in acqua genera il sottoprodotto clorito, elemento per il quale esistono prove di rischio per la salute umana anche se non sono state evidenziate caratteristiche cancerogene.

Anche l'utilizzo dell'ozono nei trattamenti di potabilizzazione risale al XIX secolo; i primi esperimenti vennero condotti in Francia nel 1886 da De Maritens, mentre la prima applicazione su

¹ Il biossido di cloro viene prodotto attraverso una reazione tra il clorito di sodio e l'acido cloridrico

scala acquedottistica è del 1893 e riguarda la disinfezione delle acque del Reno in Olanda. A parte le difficoltà impiantistiche richiesta per la sua produzione in situ, l'ozono si presenta come un eccellente agente disinfettante ed ossidante che non da origine a nessuno dei sottoprodotti caratteristici dell'impiego con cloro. Tuttavia anche questo trattamento non esente da controindicazioni e, per quanto riguarda la formazione di sostanze indesiderabili, particolare attenzione va posta alla presenza, anche in tracce, di bromuro il quale interagendo con l'ozono da origine allo ione bromato. Il bromato è un sottoprodotto ritenuto cancerogeno e per questo motivo la legislazione fissa dei valori limite assai restrittivi alla sua concentrazione. L'utilizzo dell'ozono va quindi ponderato nei casi in cui nell'acqua venga accertata la presenza del precursore bromuro la quale, almeno nel nostro paese, appare significativa solo in alcune aree costiere e particolarmente in Sardegna.

Tab.1 Confronto legislativo sulle concentrazioni limite (mg/l) di alcuni DBPs presenti nelle acque potabili

	EPA² (2003)	WHO³ (2004)	Europa (98/83/CE)	Italia (D.Lgs. 31/01) (D.M. 5 settembre 06)
THMs	0,08 ^(a)		0,1 (0,15 sino al 11/2008)	0,03
Cloroformio		0,2		
Bromoformio		0,1		
Clorodibromometano		0,1		
Bromodibromometano		0,06 ^(b)		
Clorito	1,0 → 0,8	0,7	-	0,2 (0,8 sino al 25/12/06) (0,7 dal 25/12/06)
Bromato	0,010 ^(a) → 0	0,01 ^(b)	0,01	0,01 (0,025 sino al 25/12/08)

(a) Sostanze per le quali è riconosciuto un aumento del rischio di cancro

(b) Per le sostanze cancerogene il valore guida è la concentrazione nell'acqua potabile associata al rischio di un caso di cancro ogni 100.000 consumatori che per 70 anni bevono quell'acqua

Nella tab. 1 i dati riportati, a parte quelli riferiti allo ione bromato per il quale c'è un assoluto allineamento dei valori, risultano essere abbastanza disomogenei e ciò può far riflettere in merito al concetto "legale" di potabilità.

L'evoluzione delle conoscenze in ambito tossicologico impone una periodica rivalutazione dei valori di alcuni parametri, inoltre devono essere considerate le differenti esigenze legate alle condizioni di vita: è evidente che non è possibile pretendere, per alcuni parametri, la stessa attenzione che viene posta dai paesi europei rispetto a quelli del terzo mondo, dove gli aspetti legati all'approvvigionamento sono sicuramente prioritari rispetto a quelli igienici.

Sulla base di queste considerazioni vanno quindi interpretati i valori limite di parametro stabiliti dalle varie legislazioni e, in particolare per quanto riguarda l'OMS, va ricordato che dovendo assicurare le condizioni igieniche dell'acqua anche nelle aree geografiche piu' critiche, venga privilegiato l'aspetto microbiologico (rischio immediato sulla salute) con un'adeguata disinfezione rispetto alla purezza chimica in termini di sottoprodotti (rischio a lungo termine sulla salute).

La Comunità Europea consente che gli stati membri stabiliscano valori di parametro piu' restrittivi e, al fine di tutelare al meglio la salute umana nei vari territori di competenza, considerino anche eventuali sostanze non contemplate nella direttiva comunitaria. È questo il caso dello ione clorito, parametro che l'Unione Europea ha deciso di non normare mentre il legislatore italiano ha invece ritenuto giusto porlo sotto controllo, stabilendo tuttavia un limite alla sua concentrazione esageratamente cautelativo. Gli impianti di potabilizzazione, che da anni utilizzano il biossido di cloro per il trattamento delle acque, hanno infatti dimostrato che l'attuale tecnologia non consente di rispettare i limiti di concentrazione stabiliti e nello stesso tempo ottenere una completa e sicura disinfezione. Per questo motivo con il recente D.M 5 settembre 2006 il valore limite per la concentrazione del clorito è stato variato da 0,2 mg/l a 0,7 mg/l.

² Environment Protection Agency (Ente di protezione ambientale degli Stati Uniti)

³ World Health Organization (Organizzazione Mondiale della Sanità – OMS)