SCHEDA TECNICA DELL'OZONO

L'ozono (O3) è un gas instabile composto da tre atomi di ossigeno Si forma sottoponendo atmosfere contenenti ossigeno molecolare (O2) a somministrazione di energia, in forma di scarica elettrica o attraverso l'effetto Corona, raggi ultravioletti o reazione chimica.

In natura, l'ozono è spontaneamente prodotto nella stratosfera grazie alla radiazione ultravioletta, nell'atmosfera in seguito alle scariche elettriche generate dai fulmini; la produzione artificiale di ozono è condotta sottoponendo atmosfere secche contenenti l'ossigeno gassoso, molecolare, a scariche elettriche o ad effluvio.

È un agente ossidante, il cui potenziale di ossidazione (redox) è inferiore solamente a quello del fluoro. Rispetto all'ossigeno mostra un'elevata reattività in fase di reazione e basse energie di attivazione per reazioni eterogenee. Ha un forte potere ossidante direttamente sulla superficie dei metalli nobili e non, quali argento, piombo, rame, e dei metalloidi quali lo zolfo.

Nei confronti delle sostanze organiche agisce rapidamente dando luogo a numerose reazioni chimiche. Particolare è la reattività rispetto al doppio legame C=C delle sostanze organiche insature, reazione che è comunemente definita ozonolisi.

Non lasciando alcun residuo chimico, l'Ozono è assolutamente ecologico. A riprova di ciò, l'Ozono è stato definito come un agente sicuro "GRAS" dall'Ente statunitense Food and Drug Administration (F.D.A.).

LA DISINFEZIONE

Le applicazioni industriali ed agricole dell'ozono si basano, già da qualche decennio, sulle grandi capacità disinfettanti e chiarificanti che questo gas dimostra di avere.

L'ozono, grazie al suo grande potere ossidante, è in grado di rompere i grossi componenti macromolecolari che sono alla base dell'integrità vitale di cellule batteriche, funghi, protozoi e virus.

Questa sua potente azione disinfettante, ad ampio spettro d'azione, viene utilizzata sia nella disinfezione delle acque, per la potabilizzazione, sia nel trattamento delle acque reflue.

Molti studi hanno inoltre dimostrato che l'ozono è più efficace del cloro nell'eliminazione di alcuni virus che trovano grande vitalità nelle acque potabili (come ad esempio il virus EBOLA). Per questo motivo non ci si deve meravigliare se l'ozono è largamente usato anche nell'igienizzazione delle piscine (Olimpiadi australiane del 2000) dove induce un risparmio dell'80% di cloro, una riduzione del reintegro dell'acqua e non necessita di alcun intervento di personale in quanto l'impianto è automatizzato. L'ozonizzazione delle piscine inoltre rende l'acqua più cristallina (in quanto riduce la concentrazione dei trialometani) e più filtrabile (rompendo le grosse molecole organiche).

In molte nazioni europee, ma anche in Canada, le acque reflue sono chiarificate con l'utilizzo dell'ozono. Attualmente questo processo è distinto in due fasi: una prima fase di ozonizzazione primaria, seguita da fenomeni di flocculazione e di filtrazione che hanno lo scopo di eliminare i metalli pesanti o le sostanze organiche che non possono essere distrutte completamente dal potere ossidante dell'ozono e da una seconda fase di ozonizzazione secondaria, protratta più a lungo che distrugge qualsiasi microrganismo patogeno ed è seguita poi da filtrazione su carbone attivo che blocca i microinquinanti dando come risultato finale acqua potabile.

Interessante è anche la possibilità di dissociare ossidativamente e quindi distruggere con l'ozono e una contemporanea irradiazione ultravioletta il perclorato bifenile (che è un derivato del DDT), sostanza molto difficile da eliminare.

Altre applicazioni industriali dell'ozono sono nell'ambito dell'abbattimento di fumi, dell'idrocultura, del agro-industria, della ceramica, della microbiologia, nella raffinazione dello zucchero e della carta come decolorante, nella disinfestazione di recipienti in vetro, etc.

LA DEPURAZIONE DEL'ACQUA

L' effetto battericida, fungicida e inattivante dei virus da parte dell'Ozono è noto da lungo tempo, e tali proprietà sono state ampiamente studiate e comprovate, fino ad ottenere una dimostrazione inconfutabile che ha evidenziato l'importanza dell'umidità nell'azione antisettica dell'Ozono.

Attualmente grandi città come Amsterdam, Mosca, Parigi, Torino, Firenze, Bologna e Ferrara possiedono impianti che forniscono acqua potabile prelevata da fiumi e trattata con Ozono.

II vantaggio dell'Ozono sul Cloro, utilizzato spesso per la potabilizzazione dell'acqua, è che il primo sterilizza nettamente meglio sia nei confronti dei batteri che dei virus; inoltre l'Ozono non altera le caratteristiche dell'acqua, in particolare il sapore.

Batteri e miceti sono distrutti dall'azione dell'Ozono, anche se ancora non sono stati riconosciuti univocamente i meccanismi di distruzione. Per i virus, invece, si parla di inattivazione, che è raggiunta attraverso un dosaggio di gas a concentrazioni superiori che per i batteri. L'azione dell'Ozono consisterebbe in una ossidazione e conseguente inattivazione dei recettori virali specifici utilizzati per la creazione del legame con la parete della cellula da invadere.

Sia nei confronti dei virus, che dei batteri, si dimostra importante il dosaggio di Ozono necessario per ottenere la sterilizzazione. Mentre il processo di distruzione è chiaramente osservabile, per l'inattivazione è bene riferirsi ad effetti del tipo *"tutto o null*a", nel senso che al di sotto di un *"dosaggio sogli*a" in Ozono i virus non presentano non presentano attività specifica e non è osservabile alcun effetto.

La purezza dell'acqua innalza le proprietà disinfettanti, e questo si spiega con la perdita di una parte dell'Ozono che reagisce con i componenti dell'acqua impura anziché con i germi. La temperatura è un altro fattore che influisce sull'effetto germicida: la bassa temperatura innalza l'azione sterilizzante, essendo aumentata la quantità di gas disciolto nel liquido.

I diversi batteri mostrano una sensibilità variabile all'Ozono, i Gram -negativi sono meno sensibili dei Gram - positivi, i batteri sporigeni si dimostrano più resistenti dei non sporigeni. Questa diversa sensibilità è però da intendersi in senso relativo, perché in realtà l'ozono è considerato un ottimo disinfettante e sterilizzante dell'acqua e questo effetto è stato ampiamente utilizzato nella potabilizzazione.

Nell'industria, l'ozono è ampiamente usato per:

- acqua ad uso potabile
- risciacquo dei contenitori alimentari e delle bevande
- disinfezione piscine pubbliche e private
- stabulazione di mitili e pescicoltura
- cicli industriali per mantenere sterili e prive di alghe le vasche ed i serbatoi
- ossidazione del ferro, manganese, fenoli, con successiva filtrazione
- nella lavorazione della salumeria (carni, budella) e dei formaggi e latticini in genere

Altre recenti applicazioni:
La Depurazione e la Deodorizzazione dell'aria

L'Ozono può essere utilizzato come un sicu ro ed efficace agente per garantire la migliore qualità dell'aria, condizione essenziale soprattutto per preservare gli ambienti sterili, utile in molte applicazioni e processi industriali, agro industriali e civili.

Ha caratteristiche ISO 14000, perché non inquina anzi migliora le prestazioni ed i consumi, Se comparato ad altri disinfettanti, minori concentrazioni di Ozono e tempi di esposizione più brevi, sono sufficienti a ridurre la popolazione microbica.

L'impiego dell'Ozono garantisce la depurazione e la sterilizzazione assoluta da tutti gli inquinanti (polveri, gas, virus (morbo del legionario), batteri, muffe, spore) presenti nell'aria, negli impianti di condizionamento e nei canali di areazione. L'Ozono è anche più efficace di altri disinfettanti contro organismi resistenti quali: le amebe, le cisti ed i virus. L 'esposizione all'ozono gassoso durante la preparazione o lo stoccaggio prolunga la durata (vita utile) di alcuni prodotti quali frutta, verdura e ne preserva anche gli attributi sensoriali.

Il filtro di abbattimento delle polveri è oltremodo sterilizzato dall'azione dell'Ozono. L'Ozono è convertito alla fine del processo, in ossigeno mediante opportuni catalizzatori, generando ad un arricchimento di ossigeno nell'aria trattata.

Il ciclo di trattamento aria si sviluppa, per ottenere i migliori risultati, in step successivi, ognuno condotto in una camera specifica:

1. produzione dell'ozono nel generatore, in quantità prefissata per il trattamento;
2. miscelazione dell'ozono con l'aria di circolazione;
3. impiego di filtri elettrostatici per l'abbattimento di corpuscoli sino a 0,01 micron;
4. impiego di filtri assoluti o a tasche;
5. rimozione degli odori e delle sostanze volatili mediante cartucce a carboni attivi;
6. scissione catalizzata dell'ozono residuo in ossigeno.

Alcuni studiosi svilupparono un procedimento *utilizzando* Ozono gassoso per *il trattamento critico* o super critico per derrate non alimentari (piante, erbe o spezie). Te verde fu convertito in te nero attraverso il *riscaldamento* di una soluzione di solidi *di* te ad un pH >6,0 in presenza di Ozono. Venne introdotto anche per prevenire l'espansione di *chicchi di* caffè crudo in infusione ed anche per *il trattamento dei* chicchi tostati (189).

Impianti di lavorazione e la conservazione delle merci deperibili

Grazie alle sue peculiarità, l'Ozono in aria, consente di ridurre o evitare la formazione di muffe, spore, virus e batteri. La specificità ed efficacia dell'azione dell'Ozono nei confron ti garantisce la loro distruzione e/o in inattivazione anche nei punti dei locali e/o dell'impianto che sono difficilmente raggiungibili con i sistemi di decontaminazione tradizionali, senza lasciare peraltro alcun deposito residuo sulle superfici e negli ambienti, in alternativa ai classici metodi e all'utilizzo di sostanze chimiche particolarmente aggressive e dannose per l'ambiente.

La disinfezione rappresenta una parte importante della tecnologia a "stanza pulita" nell'industria alimentare. Holah et al., valutarono diversi sistemi di disinfezione dell'aria e trovarono che l'Ozono era efficace e ripetibile nei suoi effetti sul controllo dei microrganismi volubili.

L'ozono può anche essere utilizzato per la prevenzione di contaminazione secondaria nella produzione a livello industriale. L'ambiente interno di una fabbrica per la produzione di pellicola plastica per uso alimentare venne esposta a concentrazioni di Ozono per 10 ore al giorno da 1 a 1,5 anni. I risultati mostrarono una diminuzione nella presenza nei procedimenti di fabbricazione di contaminanti volubili (aerei) quali il Bacillus spp. ed il Micrococcus spp. L'azione battericida dell'ossigeno attivato (02,03 e 0) , distrusse e ridusse gli organismi sulle superfici di preparazione degli alimenti e inibì lo sviluppo di batteri che tollerassero basse temperature (*P*seudomonas).

Per quanto riguarda i materiali, alcuni studiosi testarono la resistenza di alcune guarnizioni standard costituite con 7 diverse sostanze (Buna N, Buna N bianca, etilene propilene, diene monomero, *polietilene,* gomma siliconata, Teflon e Viton resistente al vapore) contro *igienizzanti* a base di cloro ed acqua ozonizzata (da 0,4 a 0,5 p pm). Il trattamento con Ozono influenzava la capacità tensile del EPDM e *del Viton,* ma non molto di più di quanto avvenisse con *il* trattamento con Cloro. L'elasticità di una guarnizione al Tef!on trattata con Ozono era qualitativamente diversa da una di *quelle* trattate con cloro.

Riguardo la conservazione, una buona tecnologia deve mantenere inalterati i caratteri organolettici ed impedire la crescita di microrganismi che sono spesso motivo di gravi casi di tossinfezioni alimentari.

Negli ultimi anni la ricerca si è indirizzata verso tecnologie post-raccolta mirate a controllare l'atmosfera di conservazione evitando l'impiego di conservanti chimici. A tal uopo sono state preferite tecniche che prevedono, dopo un rapido abbassamento della temperatura del prodotto subito dopo la raccolta, l'uso di gas inerti al fine di eliminare processi decompositivi ed imballaggi idonei con film plastici semipermeabili per impedire la disidratazione del prodotto stesso.

Tali accorgimenti hanno lo scopo non solo di minimizzare le differenze tra il prodotto fresco ed il prodotto conservato, ma anche di prolungare il periodo di conservazione.

L'impiego dell'ozono nella conservazione sta assumendo sempre maggiore importanza offrendo molti vantaggi sia per i produttori e distributori che per i consumatori dal momento che, come gas, esercita la sua azione senza lasciare alcuna traccia di residuo ed è molto attivo contro funghi e batteri. Viene utilizzato a bassissime concentrazioni, efficaci ad assicurare l'eliminazione completa di microrganismi negli alimenti e nei materiali di imballaggio.

Il suo intervento risulta particolarmente utile in agricoltura biologica, ove in mancanza di agenti chimici si potrebbe verificare una proliferazione batterica piuttosto elevata: utilizzando ozono durante la crescita dei vegetali si ovvia quasi completamente a tale inconveniente.

Altro vantaggio è l'ossidazione dell'etilene. Eliminando inoltre gli odori sgradevoli esalta notevolmente il profumo proprio degli alimenti.

OZONET

INATTIVAZIONE VIRUS E BATTERI CON OZONO									
Organism	% of reduction	time (min.)	concentrazion (mg/l)	pH	temp. (°C)	medium	reactor type	comments	references
Escherichia Coli	99,99	1,67	0,23 - 0,26	7	24	ozone demand free water	completely mixed continuous flow-through		Farooq and Akhlaque (1983)
Legionella Pneumophila E221ADP	99,997	20	0,32	7	24	sterile distilled water	Batch		Edelstein et al. (1982)
Legionella Pneumophila E102A3DP	99,999	20	0,32	7	24	sterile distilled water	Batch		Edelstein et al. (1982)
Mycobacterium Fortuitum	90	1,67	0,23 - 0,26	7	24	ozone demand free water	completely mixed continuous flow-through		Farooq and Akhlaque (1983)
Salmonella Typhimurium	99,995	1,87	0,23 - 0,26	7	24	ozone demand free water	completely mixed continuos flow-through		Farooq and Akhlaque (1983)
Escherichia Coli	99,9	19	init. 2,2 res. 0,08	7,5	18	raw wastewater	continuous flow-through	TSS 85 mg/l COD 100 mg/l	Joret et al. (1982)
Fecal Streptococcus	99,6	19	init. 2,2 res. 0,08	7,5	16	raw wastewater	continuous flow-through	TSS 85 mg/l COD 100 mg/l	Joret et al. (1982)
Escherichia Coli	99,998	0,16	0,51	7	20	water	continuous flow-through		Boyce et al. (1981)
Escherichia Coli	99	0,33	0,085	7,2	1	water	Batch		Katzenelson et al. (1974)
Poliovirus Type 1 (Mahoney)	99,7	1,67	0,23 - 0,26	7	24	ozone demand free water	completely mixed continuous flow-through		Farooq and Akhlaque (1983)
Poliovirus Type 1 (Mahoney)	90	0,75	0,32	4,3	N.R.	water	completely mixed continuous flow-through		Roy et al.
Coxackie-Virus B5	99,99	2,6	0,4	7,2	20	activated sludge reactor effluent	Batch	TSS 12,5 mg/l NH3 1,55 mg/l BOD3 10,6 mg/l COD 37,2 mg/l	Harakeh and Butle (1985)
Poliovirus Type 1	99	20	0,2	7,2	20	activated sludge reactor effluent	Batch	TSS 12,5 mg/l NH3 1,55 mg/l BOD3 10,6 mg/l COD 37,2 mg/l	Harakeh and Butle (1985)
Poliovirus Type 1	99	0,25	0,5	7	24	N.R.	N.R.		Drinking Water and Health (1980)
Organism	% of reduction	time (min.)	concentrazion (mg/l)	pH	temp. (°C)	medium	reactor type	comments	references
Enterie Virus	>98	19	init. 4,10 res. 0,08	7,8	18	raw wastewater	continuous flow-through	TSS 103 mg/l COD 231 mg/l	Joret et al. (1982)
Echo Virus Type 1	99	10	0,26	7,2	20	activated sludge effluent	Batch	TSS 12,5 mg/l NH3 1,55 mg/l BOD3 10,6 mg/l COD 37,2 mg/l	Harakeh and Butle (1985)

Bacteriophage f2	80	10	0,1	7,2	20	activated sludge effluent	Batch	TSS 12,5 mg/l NH3 1,55 mg/l BOD3 10,6 mg/l COD 37,2 mg/l	Harakeh and Butle (1985)
Human Rotavirus	80	10	0,31	7,2	20	activated sludge effluent	Batch	TSS 12,5 mg/l NH3 1,55 mg/l BOD3 10,6 mg/l COD 37,2 mg/l	Harakeh and Butle (1985)
Poliovirus Type 1 Sabin	>97	0,16	0,21	7	20	water	continuous flow-through	5TU.bentonit	Boyce et al.
Coxackie A9	>96	0,16	0,035	7	20	water	continuous flow-through	5TU.bentonit	Boyce et al.
Bacteriophage f2	>99,995	0,1	0,41	7	20	water	continuous flow-through	5TU.bentonit	Boyce et al.

INATTIVAZIONE DI FUNGHI

Organism	% of reduction	time (min.)	concentrazione (mg/l)	pH	temp. (°C)	medium	reactor type	comments	references
Candida Parapsilosis	99,6	1,67	0,23 - 0,26	7	24	ozone demand free water	completely mixed continuous flow-through		Farooq and Akhlaque (1983)
Candida Tropicalis	99	0,30	0,02	7,2	20	ozone demand free water	completely mixed continuous flow-through		Kawamura et al. (1986)

INATTIVAZIONE PROTOZOI CON OZONO

Organism	% of reduction	time (min.)	concentrazion (mg/l)	pH	temp. (°C)	medium	reactor type	Ct (mg/min) L
Naeglaria gruberi	99	7,8	0,55	7	6	water	Batch	4,23
	99	2,1	2	7	5	water	Batch	4,23
	99	4,3	0,3	7	25	water	Batch	1,29
	99	1,1	1,2	7	25	water	Batch	1,29
Glardia muria	99	12,9	0,13	7	5	water	Batch	1,94
	99	2,8	0,7	7	5	water	Batch	1,94
	99	9	0,03	7	25	water	Batch	0,27
	99	1,8	0,15	7	25	water	Batch	0,27
Glardia lamblia	99	5,3	0,1	7	5	water	Batch	0,53
	99	1,1	0,5	7	5	water	Batch	0,53
	99	5,5	0,03	7	25	water	Batch	0,17
	99	1,2	0,15	7	25	water	Batch	0,17

1: Farooq, S., Akhlaque, S., 1983. Comparative response of mixed cultures of bacteria and virus to ozonation. Water Res. 17,309.

2: Edelstein, P.H., Whittacker, R.E., Kreiling, R.I., and Howell, C.I. 1982. Efficacy of Ozone in eradication of Legionella Pneumophila from hospital plumbing fixtures. App. Environ Microbiol. , 44, 1330-1331.

3: Joret, J.C., Block, J.C., Hartemann and Richards, Y. 1982. Wastewater disinfection; Elimination of fecal bacteria and enteric viruses by Ozone. Ozone: Sci. Eng. 4, 91-99.

4: Harakeh, M.S., and Butler, M. 1983. Factors influencing the ozone inactivation.

5: Kawamuram K. , Kanckom M., Hiratam T. and Taguchim K. 1986. Microbial indicators for the efficency of disinfection processes. Water Sci. Technol. 18, 175-184.

6: Wiekramanayake, G.B. 1984. Kinetics and mechanism of Ozone Inactivation of Protozoan Cysts. Ph. Dissertation. Dept. Of Civil Engineering. The Ohio State University. Columbus, OH - USA.

7: Rubin, A.J., Engel, R.P. and Sproul, O.J., 1983. Disinfection of amoebic eysts in water with free chlorine. J. Water Poll. Cont. Fed., 55, 1174-1182.