

Capitolo 3 - Le soluzioni

Il solvente acqua

L'acqua è spesso necessaria, nei processi industriali come nei laboratori di ricerca, per il suo potere solvente nei confronti delle sostanze polari. Questa sua proprietà è anche il motivo per cui la normale acqua potabile, ritenuta comunemente pura, contiene in realtà una quantità significativa di sostanze (alcune delle quali indispensabili per la sua funzione di alimento), che tuttavia possono creare seri problemi in alcune applicazioni tecniche e industriali.

L'acqua contiene principalmente cinque classi di *contaminanti*:

- sostanze inorganiche disciolte
- sostanze organiche disciolte
- particelle sospese
- microrganismi
- gas

Tecnologie di purificazione delle acque

La qualità dell'acqua da utilizzare in un laboratorio di analisi deve essere tale da garantire la correttezza dei risultati e deve perciò essere esplicitata con chiarezza.

La terminologia tradizionale, radicata nel linguaggio comune, è assolutamente inadeguata a questo riguardo e spesso fuorviante: per es., la cosiddetta **acqua distillata** (che significa ottenuta mediante distillazione) in realtà è quasi sempre **acqua deionizzata** (o **demineralizzata**, trattata cioè con *resine a scambio ionico*, che trattengono gli ioni diversi da H^+ e OH^-). Questi due tipi di acqua hanno caratteristiche molto diverse: la prima è «apirogena» (cioè non contiene sostanze o materiali organici che possono provocare reazioni febbrili in chi la assume), ma è relativamente ricca di ioni; la seconda invece è povera di ioni, ma è spesso contaminata dal punto di vista microbiologico.

A titolo informativo, elenchiamo brevemente i trattamenti principali delle acque e i loro principali effetti:

- La **distillazione** allontana i pirogeni, ma l'acqua resta relativamente ricca di ioni. Migliori caratteristiche presenta la cosiddetta **bidistillata** (o addirittura la **tridistillata**) ovvero l'acqua che, preventivamente deionizzata, viene distillata due o più volte su $KMnO_4$ (in distillatori di quarzo).
- La deionizzazione (o demineralizzazione) allontana tutti gli ioni estranei all'acqua, ma non i microrganismi, le sostanze organiche e le particelle.
- L'addolcimento sostituisce con Na^+ i cationi bi- e polivalenti (in particolare rimuove Ca^{2+} e Mg^{2+}).
- L'assorbimento su carbone attivo elimina i composti organici.

- La filtrazione su membrane microporose rimuove tutte le particelle e i microrganismi con diametro superiore a quello dei pori della membrana.
- L'ultrafiltrazione rimuove le sostanze di natura organica, in particolare pirogeni e colloidali, e i microrganismi.
- L'osmosi inversa rimuove non solo le sostanze organiche, i microrganismi e i colloidali, ma anche gli ioni inorganici disciolti (oltre il 95÷98%).
- Le radiazioni ultraviolette hanno un'efficace azione germicida.

Che cosa significa «acqua pura»?

Per i motivi sopra accennati, parlare semplicemente di acqua «chimicamente pura» è un non senso. Per definire la purezza di un'acqua, si deve anche considerare come verrà impiegata: essa può essere sufficientemente «pura» per la balneazione ma non sicura da bere, oppure essere adatta al consumo umano ma troppo «sporca» per lavare la vetreria di laboratorio, e così via.

Per evitare questa confusione, parecchie organizzazioni hanno raccomandato degli **standard di qualità** dell'acqua in funzione dell'utilizzo. Tra queste organizzazioni possiamo citare *l'American Society for Testing and Materials (ASTM)*, *il National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS)*, *il College of American Pathologists (CAP)*, *l'American Chemical Society (ACS)* e le Farmacopee Europea e USA (► tabella oltre).

I parametri principali adottati per definire la «qualità» di un'acqua sono:

- la resistività elettrica,* facilmente misurabile con la comune strumentazione, che dipende dai contaminanti a carattere ionico;
- il TOC (*Total Organic Carbon*, inglese per «carbonio organico totale»), che indica i contaminanti di natura organica ed è determinato mediante strumentazione apposita.

Tenendo conto del fatto che le sostanze minerali disciolte costituiscono in genere il parametro di maggiore interesse e che la resistività calcolata dell'acqua chimicamente pura è di 18,2 M Ω ·cm (a 25 °C), la qualità di un'acqua può essere classificata nel modo seguente:

- **Acqua di Grado Reagente** (da 10 a 18,2 M Ω ·cm di resistività). È adatta alle procedure che richiedono l'assenza di qualsiasi impurezza inorganica associata a basse concentrazioni di impurezze organiche, solidi sospesi e microrganismi.

- **Acqua di Grado Analitico** (da 1 a 10 M Ω ·cm di resistività). È adatta per tutte le procedure di laboratorio, per analiti con concentrazioni che possono arrivare a ppm o a centinaia di ppb.

- **Acqua di Grado Laboratorio** (da 0,1 a 1 M Ω ·cm di resistività). Adatta per tutte le analisi qualitative e quantitative, purché a concentrazioni non troppo basse (maggiori di 10⁻² 10⁻³ mol/L). Può essere utilizzata per il lavaggio della vetreria e come acqua di alimentazione per il trattamento necessario a raggiungere il grado reagente.

- **Acqua di Grado Reagente priva di Organici**. Questo è un livello speciale di purezza non ancora preso in considerazione dai vari standard e caratterizzata da un TOC < 5 ppb, che tuttavia rappresenta una necessità crescente per le strumentazioni che consentono le ricerche più sofisticate (per esempio analisi antidoping, di farmaci ecc.).

* La resistività elettrica si misura in ohm (Ω), mentre il suo inverso, la conducibilità elettrica, si misura in siemens (S).

Tabella - Caratteristiche di alcuni tipi di acqua secondo alcune importanti Organizzazioni internazionali e la Farmacopea italiana.

ASTM Water Specifications	Type I	Type II	
resistività ($M\Omega \cdot cm$ compensata a 25 °C)	18,0	1,0	
TOC (ppb)	10	50	
sodio (ppb)	1	5	
cloruri (ppb)	1	5	
silice (ppb)	3	3	
«Acqua purificata» secondo la Farmacopea italiana USP XXIII ed EU			
conducibilità ($\mu S/cm$)	1,25		
TOC (ppb)	500		
ISO Water Specifications (uni en ISO 3696 «Acqua per uso analitico di laboratorio»)	Tipo I	Tipo II	Tipo III
resistività ($M\Omega \cdot cm$ compensata a 25 °C)	18,0	1,0	0,25
TOC (ppb)	–	80	400
assorbanza a 254 nm, cammino ottico 1 cm (A.U.)	< 0,001	< 0,01	–
silice (mg/L)	< 0,01	< 0,02	< 1
residuo secco dopo evaporazione a 100 °C	–	< 1,0	< 2,0

La scelta dell'acqua «migliore»

Abbiamo già indicato, in linea di massima, le applicazioni cui vanno destinati i vari tipi di acqua. Al di là di questo, non bisogna però dimenticare due importanti questioni legate alla semplice conservazione (stoccaggio) dell'acqua stessa: anzitutto, la sola esposizione di acqua purificata all'aria è sufficiente perché si saturi molto rapidamente di CO_2 (il che ne abbassa il pH e ne aumenta la conducibilità); in secondo luogo, un contenitore non adatto può pregiudicare molto rapidamente la qualità di un'acqua: il vetro rilascia ioni, mentre le materie plastiche rilasciano monomeri e plastificanti. Il materiale più adatto per i contenitori dell'acqua (o di soluzioni acquose) è probabilmente il polietilene (o politene) ad alta densità, un polimero particolarmente inerte dal punto di vista chimico-fisico.

In ultima analisi, per l'analisi «classica» può essere sufficiente l'uso di *acqua di grado laboratorio*, mentre per le analisi strumentali si può considerare del tutto idonea l'*acqua di grado analitico*. Infine, in alcune tecniche strumentali di analisi particolarmente raffinate (HPLC, ICP-MS, cromatografia ionica, assorbimento atomico con fornetto di grafite, voltammetria di ridissoluzione e potenziometria di ridissoluzione) è tassativo utilizzare *acqua di grado reagente*.