

## Metodi di disinfezione

L'eliminazione di germi patogeni da un ambiente o da un veicolo può essere ottenuta con **mezzi chimici** o **fisici**.

Fattori fisici, chimici e biologici agiscono inoltre nell'ambiente determinando una **disinfezione naturale**.

**Disinfezione naturale.** Nell'ambiente esterno i microrganismi patogeni sono in condizioni di vita molto sfavorevoli: l'ambiente naturale presenta fattori fisici, chimici e biologici che ostacolano i germi patogeni, impedendone, almeno per alcune malattie (morbillo, meningite, ecc.) la diffusione.

Questi fattori operano perciò una disinfezione naturale; i principali sono:

- 1) la **luce solare**: ha potere battericida, dovuto ai raggi ultravioletti che sono però poco penetranti: non passano il vetro e la loro efficacia è ridotta anche dalla presenza nell'atmosfera di vapore, fumo, ecc. (è quindi più efficace nei luoghi aperti e nelle giornate serene; nei locali ben soleggiati, con le finestre aperte). Particolarmente sensibili all'azione disinfiante dei raggi UV sono gli streptococchi, gli pneumococchi e i bacilli di Koch;
- 2) l'**aria** e l'**essiccamento**: l'ossigeno permette lo svolgimento di processi ossidativi altamente microbici; inoltre l'aria provoca disidratazione dei batteri, favorendo l'evaporazione del protoplasma. Vengono facilmente distrutti dall'essiccamento i vibrioni del colera e il virus influenzale, mentre le spore e il bacillo di Koch sono particolarmente resistenti a questa azione;
- 3) la **diluizione**: un materiale infetto, disperso nell'ambiente esterno (aria, acqua), tende a diventare meno pericoloso, perché i germi vengono diluiti ed è più difficile che giungano in quantità sufficiente per determinare una malattia: è per questo che malattie diffuse per via aerea sono favorite dal sovraffollamento in locali chiusi, mentre il contagio è ridotto da una abbondante ventilazione dell'ambiente; la diluizione non è un vero fattore disinfiante perché non distrugge i germi patogeni; tuttavia permette di diminuire la loro capacità di dare malattia;

4) la **competizione vitale**: nell'ambiente c'è una continua lotta per la sopravvivenza tra le diverse specie vegetali e animali macro e microscopiche; i germi patogeni sono svantaggiati rispetto a quelli patogeni, che si moltiplicano nell'ambiente provocando modificazioni fisico-chimiche che rendono l'ambiente poco rispondente alle esigenze dei patogeni in termini di disponibilità di sostanze nutritive, acidità, grado di ossigenazione, temperatura ottimale: ad esempio i germi termofili operano processi fermentativi e putrefattivi con produzione di calore, che distrugge i germi patogeni: su questo principio si basano i sistemi di smaltimento dei rifiuti.

**Mezzi fisici di disinfezione e sterilizzazione.** I più importanti mezzi fisici di disinfezione sono le **radiazioni** e il **calore**. Sia le radiazioni che il calore possono determinare, a seconda delle modalità di somministrazione, disinfezione e sterilizzazione.



### Radiazioni

Le radiazioni che vengono più utilizzate per la disinfezione e sterilizzazione sono le radiazioni ultraviolette (U.V.) e le radiazioni gamma ( $\gamma$ ).

Le **radiazioni ultraviolette**, in particolare quelle di lunghezza d'onda di 265 nm circa, sono in grado di distruggere molte specie batteriche, danneggiandone gli acidi nucleici (il DNA e l'RNA). Tuttavia esse hanno scarsa capacità di penetrazione e possono agire solo in superficie. Non sono in grado di attraversare un vetro sottile, uno strato di 15 cm di acqua limpida o di alcuni metri di aria. Inoltre non sono in grado di distruggere alcuni batteri e virus, tra i quali l'HIV, virus responsabile dell'AIDS.

L'utilizzazione di raggi UV per la disinfezione dovrebbe perciò essere limitata ad alcuni casi particolari.

Oltre che per la disinfezione, queste radiazioni possono essere utilizzate per ottenere una buona **asepsi**. Ad esempio esistono mobiletti contenitori dotati di lampade ad UV che vengono utilizzati per la conservazione degli strumenti chirurgici sterilizzati in autoclave. Tra gli altri impieghi, i raggi UV possono essere utilizzati per la disinfezione dell'acqua, con speciali apparecchi che permettono di sottoporre l'acqua in strato sottile alle radiazioni ultraviolette (l'azione disinfiante, ricordiamo, avviene solo in superficie, perché i raggi UV sono poco penetranti).

Le **radiazioni** o **raggi gamma** (emesse da isotopi radioattivi) sono molto più penetranti e vengono perciò utilizzate per la disinfezione o, meglio, per la sterilizzazione di oggetti anche di un certo spessore. Gli oggetti possono essere sottoposti alla sterilizzazione già confezionati, grazie al potere di penetrazione delle radiazioni gamma.

Questo metodo di sterilizzazione viene utilizzato per gli alimenti, per strumentazione chirurgica e sanitaria (materiali monouso: siringhe, garze, ecc.); è l'ideale metodo di sterilizzazione per materiali che verrebbero danneggiati dall'uso del calore (esempio tipico la siringa di plastica).

## Metodi di disinfezione

### Calore

Il calore è in grado di distruggere le diverse specie di microrganismi patogeni e non, e le spore, purché applicato a temperature adeguate, e per un tempo sufficiente.

Il calore può essere applicato a un oggetto termo-resistente con diverse modalità:

**1) Fiamma diretta.** Materiali infetti che non devono essere recuperati possono essere **inceneriti**, ottenendo, oltre alla distruzione del materiale, anche l'eliminazione dei germi che lo contaminano.

Così si può eliminare il rischio infettivo di carogne di animali o cadaveri infetti, che vengono "cremati"; oppure di materiali come garze, lenzuola e altro che, se particolarmente infetti, non possono essere più recuperati e devono perciò essere distrutti.

**Scaldare alla fiamma** aghi, bisturi, utensili di laboratorio è un modo pratico e semplice per ottenere la sterilizzazione prima dell'uso. L'operazione è detta "**flambaggio**". Al di fuori di situazioni particolari, tipiche delle pratiche dei laboratori chimico-biologici, nella vita quotidiana questo sistema viene utilizzato per la sterilizzazione di aghi da usare per togliere spine o schegge di legno. Le temperature che si raggiungono sottoponendo l'oggetto alla fiamma diretta sono tali da distruggere qualunque germe, comprese le spore.

**2) Calore secco.** Il calore secco, ossia l'aria calda, è in grado di distruggere, ossidandoli, i germi e le spore. È necessario tener conto di due parametri per la disinfezione e la sterilizzazione con calore secco: **temperatura e durata di applicazione**.

Più alta è la temperatura, più rapidamente si ottiene la distruzione dei germi. Se i germi sono termosensibili, sono già sufficienti temperature attorno ai 60 °C per alcuni minuti per ottenere la loro distruzione.

Il calore secco, ossia l'aria calda, non trasmette bene il calore, lo cede molto lentamente agli oggetti con cui entra in contatto; è perciò necessario sottoporre il materiale da sterilizzare a temperature elevate e per tempi piuttosto lunghi.

Per ottenere la sterilizzazione occorre distruggere anche le **spore** dei batteri sporigeni, che sono molto resistenti al calore.

Ad esempio le spore del *Clostridium tetani* (il germe che provoca il tetano) vengono distrutte col calore secco a una temperatura di 150 °C applicata per 30 minuti, oppure di 180 °C per 1-5 minuti.

Per ottenere la sterilizzazione a secco (calore secco) vi sono appositi apparecchi, ma gli stessi risultati si possono ottenere con un normale forno da cucina.

Se, se l'oggetto da sterilizzare è molto spesso, occorre un certo tempo prima che le sue parti interne raggiungano la temperatura desiderata, a meno che non si usi un forno a microonde, che è in grado di riscaldare omogeneamente tutte le parti, anche quelle interne, dell'oggetto.

**3) Calore umido.** I metodi di disinfezione e sterilizzazione che utilizzano il calore umido sono: la pastorizzazione, la bollitura, il vapore fluente e il vapore sotto pressione (autoclave); un altro metodo particolare è la tindalizzazione o sterilizzazione frazionata.

**La pastorizzazione.** È una metodica di disinfezione che viene applicata a diverse **bevande** (latte, crema, vino, birra). Con la pastorizzazione si ottiene la **distruzione dei germi patogeni** eventualmente presenti nella bevanda: la pastorizzazione ha perciò lo scopo di rendere innocua la bevanda, nel senso di **eliminare il rischio di infezioni**.

La bevanda viene riscaldata a una temperatura inferiore al punto di ebollizione, ma tale da ottenere la distruzione dei microrganismi patogeni e delle tossine da loro prodotte.



Il latte, ad esempio, viene riscaldata a 65 °C per 30 minuti per ottenerne il risanamento. Attualmente a questa pastorizzazione bassa o lenta si preferisce la pastorizzazione alta o rapida, ideata dall'italiano Stassano, e pertanto

denominata **stassanizzazione**: facendo scorrere il latte in un tubo sottilissimo, viene riscaldato a 72 °C per 15 secondi o a 80 °C per 3-4 secondi.

Questa tecnica è detta anche **H.T.S.T.** (*High Temperature Short Time* = alta temperatura per breve tempo).

A queste temperature si ottiene la distruzione dei germi patogeni ma non di quelli non patogeni termofili, né delle spore. La bevanda pastorizzata non è perciò sterilizzata, ma contiene ancora dei germi, anche se non patogeni; per questo deve essere conservata in frigo e deve essere consumata entro pochi giorni dalla pastorizzazione (per il latte entro 72 ore).

Il vantaggio della pastorizzazione rispetto a trattamenti termici più intensi (bollitura, sterilizzazione) consiste nel minor danneggiamento dell'alimento, che mantiene intatte le sue caratteristiche organolettiche e il suo valore nutritivo.

**La bollitura.** L'acqua bolle a una temperatura di circa **100 °C**. A questa temperatura i germi patogeni vengono distrutti in pochi minuti (10-15) e così anche la maggior parte dei germi non patogeni. Tuttavia, le **spore non vengono distrutte** (occorrono temperature più elevate, almeno 121 °C), per cui con la bollitura, ossia col calore umido a 100 °C, **non si ottiene la sterilizzazione**.

L'acqua bollente può essere utilizzata per la disinfezione di posate, stoviglie, biancheria, vetreria di laboratorio, siringhe, ecc. L'azione disinfettante dell'acqua bollente è potenziata dall'aggiunta dei detersivi o di altri detersivi.

**La bollitura del latte.** Quando va bollito il latte? La bollitura del latte consente di eliminare i germi in esso presenti ma non le spore. Non offre vantaggi reali rispetto alla pastorizzazione, anzi, si hanno delle perdite di sostanze nutritive: vitamine A, B1, B12, C, proteine e zuccheri.

Tuttavia nell'uso casalingo la bollitura è un ottimo metodo per disinfettare il latte appena munto, che potrebbe contenere germi patogeni. Non ha senso, invece, far bollire il latte pastorizzato, perché sicuramente non contiene germi patogeni: bollendolo, l'unico risultato che otteniamo, è quello di privarlo di parte delle sostanze nutritive che contiene.

## Metodi di disinfezione

**Vapore d'acqua.** Il vapore d'acqua ha dei notevoli vantaggi sia rispetto all'aria calda, che all'acqua bollente:

- ha una **conduttività termica superiore** a quella dell'aria, per cui tra oggetto da disinfettare e vapore si stabilisce un miglior scambio di calore (il vapore riscalda per conduzione di calore meglio dell'aria);
- quando entra a contatto con oggetti più freddi si **condensa** sulla loro superficie, **cedendo il calore di condensazione**, ossia le calorie che si liberano nel processo di condensazione, che sono equivalenti alle calorie che erano occorse per trasformare l'acqua in vapore. A parità di temperatura, il vapore cede perciò più calorie dell'acqua bollente;
- il vapore ha inoltre un elevatissimo **potere di penetrazione** nei materiali igroscopici, come le fibre tessili asciutte (vestiti, biancheria, ecc.), per cui in questi materiali si può ottenere col vapore una disinfezione o una completa sterilizzazione in tempi relativamente brevi e temperature più basse.

Il vapore può essere distinto in **vapore fluente**, che può raggiungere al massimo la temperatura di **100 °C** e **vapore sotto pressione**, che raggiunge temperature anche più elevate.

Le disinfezioni a vapore fluente si effettuano dentro speciali **stufe** o pentole (ad esempio la **pentola di Koch**), simili alle pentole per la cottura a vapore: sono costituite da un recipiente cilindrico, contenente acqua sul fondo, e un cestello di rete metallica, sospeso a qualche centimetro dall'acqua, sul quale vengono posti i materiali da disinfettare.

Portando l'acqua all'ebollizione, la corrente di vapore a 100 °C investe gli oggetti dentro il cestello sovrastante, distruggendo in 30-60 minuti i germi patogeni e, in generale, le forme vegetative, ma **non le spore**.

È un ottimo metodo di disinfezione per biancheria non troppo delicata e oggetti vari (di vetro ecc.).

Per ottenere una sterilizzazione completa, con distruzione anche delle spore, occorre arrivare a temperature superiori ai 100 °C.

Ma il vapore libero non può superare questa temperatura: per arrivare a temperature più alte (121 °C e oltre), il vapore deve essere sotto pressione.

Per l'impiego del **vapore sotto pressione** occorrono speciali apparecchi, chiamati autoclavi, di cui esistono numerosi tipi.

Essenzialmente funzionano come le pentole di Koch, con la differenza che hanno il coperchio a tenuta stagna e le pareti sono più robuste, perché devono sopportare la pressione del vapore. L'autoclave deve essere saturo di vapore; non vi deve essere cioè aria o, almeno, l'aria non deve superare il 10%, perché, come già detto, l'aria è una cattiva conduttrice di calore e non cede calore di condensazione. Fino al 10% di aria il tempo necessario per distruggere i microrganismi, le forme vegetative, non varia molto. Se sale al 15% il tempo necessario è già pressoché raddoppiato:

Contenuto di aria %	0	10	15	35	50
Tempo di sterilizzazione (min)	5	5	9	23	55

Sul fondo dell'autoclave una resistenza elettrica riscalda l'acqua fino a portarla all'ebollizione. Il vapore che si libera riempirà l'autoclave. Quando l'autoclave sarà satura di vapore, questo comincerà a uscire dalla **valvola** di sfogo. Un **manometro** permette di controllare la pressione relativa del vapore nell'autoclave. Generalmente la pressione nell'autoclave viene portata a +1 atmosfera, pressione alla quale il vapore raggiunge una temperatura di **121 °C**, sufficiente per ottenere la sterilizzazione dei materiali in 15-20 minuti.

L'autoclave è adatta per la sterilizzazione di materiali di vetro, di metallo o di ceramica; biancheria, garze, bende; terreni di coltura per batteri; farmaci; alimenti.

Riassumendo, materiali diversi possono essere sterilizzati in autoclave; occorre sempre valutare tre parametri:

- **pressione**,
- **temperatura** e
- **tempo di esposizione**.

Scelta una certa pressione (1 atm) il vapore raggiungerà una precisa temperatura (121 °C); il tempo di esposizione deve essere valutato in base al materiale da sterilizzare: infatti, il vapore riscalda rapidamente la superficie degli oggetti con cui entra in contatto, ma, perché tutto l'oggetto raggiunga la temperatura necessaria per distruggere tutti i microrganismi, compresi quelli presenti in profondità occorre un tempo maggiore, di cui va tenuto conto.

Se ci mette più tempo a riscaldarsi, l'interno dell'oggetto impiegherà più tempo anche per raffreddarsi, per cui, prima di estrarre l'oggetto dall'autoclave, bisogna attendere che sia scesa non solo la temperatura dell'autoclave, ma anche quella dell'oggetto stesso.

La sterilizzazione del latte, distruggendo tutti i microrganismi presenti, ci permette di conservarlo più a lungo e anche fuori dal frigorifero; tuttavia le elevate temperature a cui viene portato determinano perdite di valore nutritivo, superiori anche a quelle che si realizzano nella bollitura. Attualmente per la sterilizzazione si usano tecniche **UHT** (Ultra High Temperature), che prevedono un riscaldamento del latte a **140 - 150 °C per pochi secondi** ottenuto col vapore sotto pressione.

Il latte sterilizzato deve poi essere confezionato in bottiglie o in cartoni rigidi rivestiti da un foglio di alluminio e da una pellicola impermeabile all'acqua (polietilene), sigillati, in modo da non essere contaminato più fino all'apertura. Il latte sterilizzato, essendo privo di ogni microrganismo, può essere conservato fuori dal frigorifero per alcuni mesi; una volta aperto per l'uso, tuttavia, deve essere conservato in frigorifero e consumato entro pochi giorni (due-tre), perché l'apertura favorisce la contaminazione con i germi presenti nell'ambiente.



### **Tindalizzazione o sterilizzazione frazionata.**

Per materiali che non possono sopportare temperature superiori ai 100 °C è possibile utilizzare una tecnica di sterilizzazione particolare. A 100 °C le spore non vengono distrutte; tuttavia, se si lascia il materiale in incubazione per 24 ore le spore germinano, trasformandosi nelle forme vegetative, meno resistenti al calore. Se riportiamo a 100 °C le spore germinate vengono distrutte.

## Metodi di disinfezione

Il procedimento, detto tindalizzazione o sterilizzazione frazionata, consiste nel riscaldare a 100 °C per 30 minuti il materiale da sterilizzare, poi lasciarlo a temperatura ambiente in incubazione per 24 ore, per far germinare le spore; successivamente si riscalda ancora a 100 °C per mezz'ora e poi ancora in incubazione per 24 ore e un'ultima "riscaldatura" a 100 °C per mezz'ora: le due fasi di incubazione permettono di far germinare le spore e le forme vegetative che ne derivano vengono distrutte dal successivo trattamento termico.

### Filtrazione e sterilizzazione

I liquidi e i gas possono essere sterilizzati per **filtrazione**, facendoli cioè passare attraverso dei filtri porosi con dei pori così piccoli da impedire il passaggio dei microrganismi.

Esistono aspiratori per usi particolari (camere sterili, ecc.) con filtri in fibra di vetro che intrappolano i germi sospesi nell'aria; ancora, sono molto usati in laboratorio chimico-biologico vari tipi di filtri per la sterilizzazione di liquidi che potrebbero essere danneggiati da altri metodi di sterilizzazione (col calore): sieri, plasma, terreni (liquidi) di coltura per batteri, ecc.

Attualmente ai filtri in porcellana (Chamberland) e ad altri ancora molto utilizzati ma con pori irregolari, vengono preferite le membrane filtranti di collodio (Elford) o di esteri di cellulosa (Nucleopore) e altri sintetici più regolari e in grado di trattenere batteri, miceti e virus. Si ricorda come i primi filtri utilizzati erano in grado di trattenere batteri e miceti ma non i virus, che per questo erano stati definiti "**virus ultrafiltrabili**".

La filtrazione viene inoltre utilizzata come procedimento per la potabilizzazione dell'acqua e, recentemente, per la produzione di latte "fresco" che si conserva per più di una settimana (perché è privo dei normali microrganismi del latte), ma che non è stato trattato ad alte temperature (quelle della sterilizzazione), per cui mantiene intatte le sue proprietà nutrizionali (tranne la flora microbica naturale, trattenuta dalla microfiltrazione).

### Pulizia e disinfezione

La **pulizia** contribuisce notevolmente alla diminuzione della carica microbica perché permette l'allontanamento dei microrganismi dalla superficie che viene pulita. Pur non essendo una vera disinfezione, la pulizia col-

labora con essa, rendendo meno pesante il metodo disinfectante (chimico o fisico), diminuendo la quantità di germi da eliminare.

Sono quindi importanti, per impedire la trasmissione delle malattie infettive, anche semplici operazioni come il **lavaggio** delle verdure, delle ferite, la pulizia (spazzolamento) degli abiti, le normali pratiche di igiene personale.

### Disinfectanti chimici

Numerose sostanze chimiche, inorganiche e organiche, vengono utilizzate per la **distruzione dei germi patogeni** e vengono perciò chiamate **disinfectanti**.

I disinfectanti possono essere utilizzati per la decontaminazione di oggetti di vario tipo, ambienti o, ancora, tessuti di organismi viventi (cute e mucose).

La scelta del disinfectante deve perciò tener conto di molti fattori:

**1) La natura del materiale da disinfectare:** il disinfectante non deve alterare il materiale e il materiale non deve interferire col disinfectante inibendone l'azione. Se il "materiale" da disinfectare è un tessuto umano, occorre scegliere un disinfectante che **non danneggi i tessuti**.

**2) I germi patogeni** che deve distruggere: alcuni disinfectanti non sono in grado di distruggere le spore, quindi non devono essere utilizzati quando il materiale da trattare è contaminato da **spore**; molti germi, inoltre, soprattutto in ambiente ospedaliero, si dimostrano resistenti a diversi disinfectanti. Quindi, soprattutto per la disinfezione degli ambienti ospedalieri, la scelta del disinfectante dovrà tener conto della sua reale capacità di distruggere i germi presenti, ossia della sua reale efficacia.

**3) Semplicità d'uso.**

**4) Non tossicità:** tra due disinfectanti di pari efficacia, la scelta cadrà sicuramente su quello più facile da applicare o che è meno pericoloso per chi lo usa: alcuni disinfectanti potenti possono liberare vapori tossici oppure danneggiare i tessuti viventi con cui vengono a contatto; vanno perciò maneggiati con prudenza e da personale esperto.

**5) Costo:** soprattutto per la disinfezione su larga scala, la disinfezione di ambienti, il costo incide molto nella scelta del disinfectante, essendo preferito un disinfectante di basso costo.

Riassumendo: un buon disinfectante deve essere:

- 1) efficace** contro le specie microbiche da distruggere;
- 2) adatto al materiale** da trattare (non lo deve alterare e non deve essere da questo inattivato);
- 3) facile da usare;**
- 4) non tossico** per chi lo applica;
- 5) di basso costo.**

Scelto il disinfectante, occorre valutare ancora:

- 6) il volume** e la **concentrazione** del disinfectante da utilizzare;
- 7) il tempo di contatto** tra il materiale e il disinfectante;
- 8) la temperatura** alla quale si verifica la disinfezione.

**Meccanismo d'azione.** I disinfectanti chimici sono in grado di distruggere i germi patogeni con vari meccanismi:

- 1) coagulazione** delle proteine strutturali ed enzimatiche;
- 2) alterazione** degli acidi nucleici;
- 3) danno** sulla parete o sulla membrana batterica;
- 4) ossidazione** dei costituenti della cellula;
- 5) azione** sul metabolismo dei microrganismi (inattivazione).



## Metodi di disinfezione

I disinfettanti chimici si suddividono in **inorganici** e **organici**:

- inorganici: acidi, alcali, sali di metalli pesanti, alogeni e ossidanti;
- organici: alcoli, aldeidi, fenoli, cresoli, composti tensioattivi, essenze vegetali.

### Disinfettanti inorganici

**Acidi.** Hanno scarso potere disinfettante se troppo diluiti; in forti concentrazioni hanno invece una potente azione disintegratrice non soltanto sulle cellule batteriche, ma anche sui materiali da disinfettare. Il loro impiego pratico è perciò limitato a casi particolari. L'acido solforico grezzo viene usato per la distruzione di carogne di animali infetti; l'acido cloridrico per la disinfezione dei gabinetti; in soluzione allo 0,1% è indicato per la disinfezione dei vegetali da consumare crudi.

**Alcali.** Sono molto più usati degli acidi, anch'essi per disinfezioni grossolane. A freddo gli alcali non hanno un'azione disinfettante molto forte, ma aumenta con la temperatura. Oltre ad agire direttamente, gli alcali possono favorire l'azione di altri disinfettanti come saponificatori dei grassi e disgregatori di sostanze organiche. Più usati sono i carbonati e, soprattutto, gli idrati: il latte di calce (soluzione satura di idrato di calcio), per la disinfezione di feci e urine; gli idrati di sodio e di potassio (soda e potassa caustica), potenti battericidi, inattivi però contro il bacillo tubercolare e le spore, e pericolosi perché alterano e deteriorano molti materiali e sono caustici (hanno anche azione detersiva e in soluzione al 5-10% vengono usati per la disinfezione di superfici molto sporche); il carbonaio di sodio (soda Solvay) è il più usato: ha scarso potere microbica (più che un disinfettante può essere considerato un detersivo), e viene spesso impiegato per aumentare il potere disinfettante dell'acqua bollente.

**Sali di metalli pesanti.** L'azione antibatterica più spiccata è quella posseduta dal bichloruro di mercurio, detto sublimato corrosivo ( $HgCl_2$ ), usato spesso nelle disinfezioni. Il sublimato corrosivo è un disinfettante economico, molto attivo contro tutti i germi, compreso quello tubercolare e le spore. Pur essendo il disinfettante più attivo, è soggetto a parecchie limitazioni perché è altamente tossico anche per gli animali, i metalli si corrodono al suo contatto e la luce attenua la sua potenza; si combina con le sostanze organiche (sangue, sostanze in putrefazione ecc.)

perdendo gran parte della sua attività. Altri composti del mercurio (mercurocromo, mercurofene, metafene, merfenile) hanno minore tossicità, non alterano i metalli e rimangono attivi anche in presenza di sostanze organiche; sono però più costosi; inoltre il mercurocromo macchia i tessuti.



**Alogeni e ossidanti.** La loro azione è prevalentemente dovuta all'ossidazione dei costituenti essenziali del protoplasma batterico. Sono attivi su tutti i microrganismi, comprese le spore; la loro azione può però essere ostacolata dalla presenza di sostanze organiche; in tal caso devono essere adoperati in grandi quantità e a elevate concentrazioni. I più importanti sono il cloro, lo iodio, l'acqua ossigenata e l'ozono.

Il **cloro** è il più comune e viene usato in soluzione acquosa (ipoclorito). La quantità di cloro alla quale è legata l'attività battericida viene definita cloro attivo e corrisponde alla quantità di cloro molecolare che si può ottenere da una data quantità di ipoclorito. Le sorgenti di cloro attivo più sfruttate sono il cloruro di calce, gli ipocloriti e i composti organici del cloro. Il cloruro di calce si può usare in polvere, ma più spesso in emulsione al 5% in acqua (latte di cloruro di calce). Tra gli ipocloriti i più usati sono l'ipoclorito di potassio e di sodio (acqua di Javel e di Labarraque), con un titolo dello 0,1% in cloro attivo (alto potere disinfettante). Le varechine usate per il bucato sono degli ipocloriti alcalini, economici e con un'azione battericida di rapido e sicuro effetto. Tra i composti organici del cloro, le cloramine, lo steridrol, l'amuchina ecc., in soluzioni contenenti lo 0,1% di cloro attivo, servono per la disinfezione di piatti, bicchieri, posate ecc. In soluzioni più concentrate (0,5-0,6%) sono efficaci anche sul bacillo tubercolare, se lasciate agire per almeno 5 ore. La clorammina, inoltre, è un buon antisettico ed è indicata per la disinfezione delle ferite.

Lo **iodio**, sotto forma di tintura di iodio, è un potente disinfettante per uso medico-chirurgico e per la cute, ma è istolesivo. Sono stati usati, con risultati positivi, alcuni composti organici dello iodio per la potabilizzazione dell'acqua.

L'**acqua ossigenata** è il prodotto più comune tra gli ossidanti: sviluppando ossigeno in presenza di sostanze organiche, agisce come disinfettante. È indicata per la disinfezione di ferite, opportunamente diluita (12 volumi). È usata anche per la disinfezione e la conservazione del latte.

L'**ozono** è uno stato allotropico dell'ossigeno e la sua azione disinfettante è dovuta alla sua capacità di liberare l'ossigeno allo stato nascente (ossigeno atomico). Come disinfettante può essere usato per la potabilizzazione dell'acqua.

### Disinfettanti organici

**Alcol.** Per la disinfezione l'unico a essere usato è l'alcol etilico, in commercio sia come alcol puro (a 95°, usato per liquori), sia come alcol denaturato, al quale è stato aggiunto un colorante per non confonderlo con una bevanda. L'alcol denaturato, proprio perché addizionato con sostanze coloranti, può dare reazioni allergiche cutanee. Il meccanismo di azione dell'alcol etilico consiste nella denaturazione delle proteine. Ha un discreto potere microbica se diluito con acqua al 50-70%; ha però scarso potere di penetrazione, perciò agisce solo su superfici lisce; su materiali porosi o anfrattuos, come ad esempio i tessuti, non è efficace. Non ha alcuna azione sulle spore, né sul bacillo tubercolare; ha un costo abbastanza elevato, perciò il suo uso è praticamente limitato alla disinfezione delle ferite della pelle in campo medico-chirurgico. Inoltre non va applicato a livello delle mucose, sulle quali ha azione lesiva. Non può essere utilizzato per la sterilizzazione degli attrezzi chirurgici perché, se di ferro, arrugginirebbero. Viene usato a livello della cute, specie per la pratica ospedaliera, perché può esplicare la sua azione in un tempo relativamente breve (forme vegetative sono eliminate in 15-30 minuti). Non si può essere sicuri che la disinfezione sia avvenuta se non si rispettano i parametri di concentrazione, temperatura e tempo (una relativa velocità di applicazione può portare solo a detersione, ma non disinfezione). Un aspetto di praticità è che viene rapidamente eliminato dalla cute per evaporazione.

## Metodi di disinfezione

**Aldeidi.** L'unica usata come disinfettante è l'aldeide formica o formaldeide, che è un gas di odore acuto, irritante, più leggero dell'aria, attivo su tutti i germi patogeni e anche sulle spore. Viene impiegato come tale nella disinfezione degli ambienti e di oggetti delicati (tappeti, stoffe ecc.). Agisce con molta lentezza: occorre un lungo contatto con i materiali da disinfettare, e dopo la disinfezione occorre aerare per almeno 24 ore. La sua soluzione in acqua è chiamata formalina o formolo: disinfettante lento, attivo anche sulle spore, è però poco usato per l'odore irritante e perché danneggia e indurisce la pelle. Molto più spesso la formalina è usata sotto forma di sapoformoli, miscele saponose costituite da formalina, saponi ed essenze vegetali. Il più noto di questi è il lisoformio, deodorante e disinfettante venduto grezzo per le disinfezioni ordinarie, e raffinato per uso personale; è detersivo, deodorante, poco tossico, disinfetta le piaghe senza irritarle; la sua azione è però molto lenta.

**Fenoli e cresoli.** Si ottengono dalla distillazione del carbon fossile. Vengono usati come disinfettanti: le creoline (miscele di fenolo grezzo, alcali e saponi resinosi), il fenolo puro (acido fenico: uso ristretto alla disinfezione medico-chirurgica), il cresolo greggio e i suoi derivati (sapocresoli, come il lisolo). Pur non alterando i materiali con cui entrano in contatto, sono poco usati per l'odore penetrante e sgradevole. Vengono impiegati nella preparazione di saponi e dentifrici i difenoli (diclorofene, esaclorotiofene). Vanno infine ricordati gli xilenoli (saidol: è privo dell'odore sgradevole degli altri derivati del fenolo).

**Composti tensioattivi.** Presentano un'attività antibatterica diretta e un'azione tensioattiva e detersiva che può potenziare l'azione di altri disinfettanti più energici. Dei composti tensioattivi, hanno particolare interesse i composti cationici, con un notevole potere batteriostatico e battericida; tra questi i più importanti sono i composti dell'ammonio

quaternario e i derivati della piridina. Posseggono uno scarsissimo potere detergente, ma la loro azione battericida è elevatissima e ne consente l'impiego anche a concentrazioni molto basse. Presentano inoltre il vantaggio di non essere tossici, non avere alcuna azione corrosiva sugli oggetti ed essere del tutto privi di odori sgradevoli. Le principali applicazioni riguardano soprattutto la disinfezione della pelle e delle mucose nella pratica medico-chirurgica e la disinfezione delle stoviglie, specialmente in ospedali, ristoranti, mense aziendali ecc.

**Essenze vegetali.** Molte essenze vegetali hanno un certo potere disinfettante. Le essenze di timo, bergamotto, limone, rosmarino, pino, lavanda, eucalipto presentano il vantaggio di non ledere i tessuti vivi. La loro azione è però debole e il loro costo elevato, perciò il loro uso è limitato. Ricordiamo, tra quelli in commercio, il Citrosil.