

## Métodos químicos de controle microbiano

### OBJETIVOS DO APRENDIZADO

- 7-7** Listar os fatores relacionados à desinfecção efetiva.
- 7-8** Interpretar os resultados dos testes de uso-diluição e do método de disco-difusão.
- 7-9** Identificar os métodos de ação e usos preferenciais dos desinfetantes químicos.
- 7-10** Diferenciar os halogênios usados como antissépticos dos halogênios usados como desinfetantes.
- 7-11** Identificar os usos apropriados para os agentes com atividade de superfície.
- 7-12** Listar as vantagens do glutaraldeído em relação a outros desinfetantes químicos.
- 7-13** Identificar esterilizantes químicos.

Os agentes químicos são usados para controlar o crescimento de micro-organismos em tecidos vivos e objetos inanimados. Infelizmente, poucos agentes químicos proporcionam a esterilidade; a maioria deles meramente reduz as populações microbianas em níveis seguros ou removem as formas vegetativas de patógenos em objetos. Um problema comum na desinfecção é a seleção de um agente. Nenhum desinfetante isolado é apropriado para todas as circunstâncias.

### Princípios da desinfecção efetiva

Ao ler o rótulo, podemos aprender muito sobre as propriedades de um desinfetante. O rótulo geralmente indica contra quais grupos de organismos o desinfetante será efetivo. Lembre-se de que a concentração de um desinfetante influencia sua ação; assim, ele sempre deve ser diluído exatamente como especificado pelo fabricante.

Considere também a natureza do material a ser desinfetado. Por exemplo, estão presentes materiais orgânicos que podem interferir com a ação do desinfetante? De modo similar, o pH do meio frequentemente tem um grande efeito na atividade de um desinfetante.

Outra consideração muito importante é se o desinfetante entrará facilmente em contato com os micro-organismos. Uma área pode precisar ser esfregada e lavada antes da aplicação do desinfetante. Em geral, a desinfecção é um processo gradual. Portanto, para ser efetivo, pode ser necessário deixar um desinfetante em contato com uma superfície por várias horas.

### Avaliando um desinfetante

#### Testes de uso-diluição

Existe uma necessidade de se avaliar a efetividade dos desinfetantes e antissépticos. O padrão atual é o **teste de uso-diluição** do *American Official Analytical Chemist*. Cilindros metálicos ou de vidro (8 mm × 10 mm) são mergulhados em culturas padronizadas das bactérias-teste cultivadas em meio líquido, removidas e secas a 37°C por um breve período. As culturas secas são então colocadas em uma solução do desinfetante na concentração recomendada pelo fabricante e deixadas por 10 minutos a 20°C. Após essa exposição,

os cilindros são transferidos a um meio que permitirá o crescimento de quaisquer bactérias sobreviventes. A efetividade do desinfetante pode então ser determinada pelo número de culturas que se desenvolverem.

Variações desse método são usadas para testar a efetividade dos agentes antimicrobianos contra endosporos, micobactérias que causam tuberculose, vírus e fungos, pois esses são difíceis de controlar com produtos químicos. Além disso, os testes de antimicrobianos destinados a objetivos especiais, como a desinfecção diária de utensílios, podem utilizar outras bactérias-teste.

#### O método de disco-difusão

O **método de disco-difusão** é usado em laboratórios de ensino, para avaliar a eficácia de um agente químico. Um disco de papel filtro é embebido em um produto químico e colocado em uma placa de ágar que foi previamente inoculada e incubada com o organismo-teste. Após incubação, se o produto químico é eficaz, uma zona clara representando a inibição do crescimento pode ser visualizada em torno do disco (**Figura 7.6**).

Discos contendo antibióticos estão comercialmente disponíveis e são usados para determinar a suscetibilidade microbiana aos antibióticos (veja a Figura 20.17, página 572).

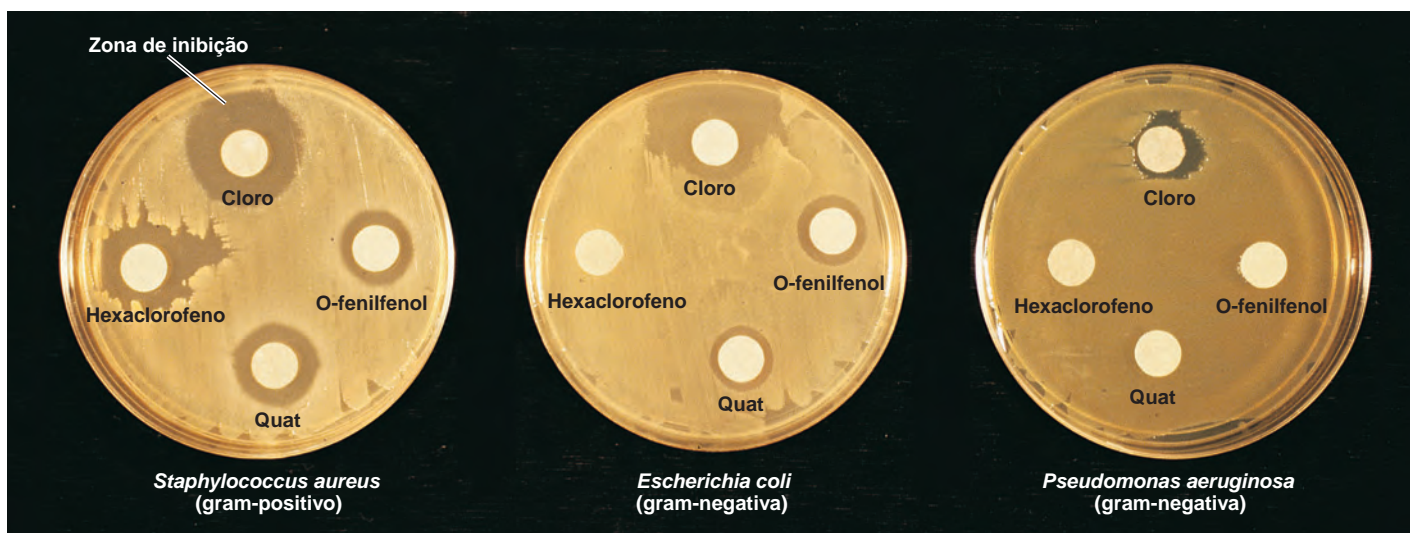
### Tipos de desinfetantes

#### Fenol e compostos fenólicos

Lister foi o primeiro a usar o **fenol** (ácido carbólico) para controlar infecções cirúrgicas na sala de operação. O uso de fenol foi sugerido devido à sua capacidade de controlar o odor do esgoto. Nos dias atuais, ele raramente é usado como antisséptico ou desinfetante, pois irrita a pele e tem um odor desagradável. Com frequência é utilizado em pastilhas para a garganta devido a seu efeito anestésico local, mas possui pouco efeito antimicrobiano nas baixas concentrações usadas. Contudo, em concentrações acima de 1% (como em alguns *sprays* para a garganta), o fenol tem um efeito antibacteriano significativo. A estrutura de uma molécula de fenol é mostrada na **Figura 7.7a**.

Os derivados do fenol, denominados de **compostos fenólicos**, contêm uma molécula de fenol que foi quimicamente alterada para reduzir suas propriedades irritantes ou aumentar sua atividade antibacteriana em combinação com um sabão ou detergente. Os compostos fenólicos exercem atividade antimicrobiana lesando as membranas plasmáticas lipídicas, o que resulta em vazamento do conteúdo celular. A parede celular das micobactérias, que causam a tuberculose e a lepra, é rica em lipídeos, tornando-as suscetíveis aos derivados do fenol. Uma propriedade útil dos compostos fenólicos enquanto desinfetantes é que permanecem ativos em presença de compostos orgânicos, são estáveis e persistem por longos períodos após a aplicação. Por esses motivos, os compostos fenólicos são agentes apropriados para desinfecção de pus, saliva e fezes.

Um dos compostos fenólicos usados com mais frequência usados é derivado do alcatrão, um grupo de substâncias químicas denominadas *cresóis*. Um cresol muito importante é o *O-fenilfenol* (veja as Figuras 7.6 e 7.7b), o principal componente da maioria das formulações de Lysol. Os cresóis são ótimos desinfetantes de superfície.



**Figura 7.6** Avaliação de desinfetantes pelo método de disco-difusão. Neste experimento, discos de papel são embebidos em uma solução de desinfetante e colocados na superfície de meio nutriente em que uma cultura de bactérias-teste foi semeada para produzir um crescimento uniforme.

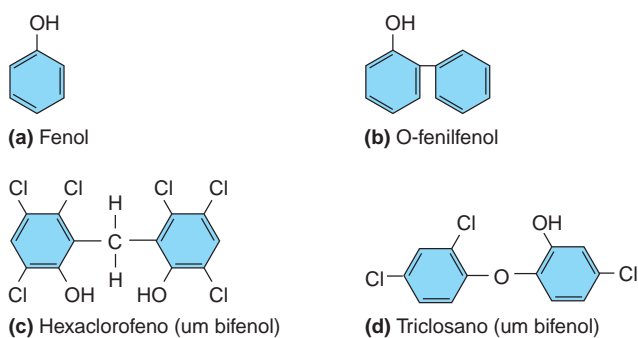
No alto de cada placa, verifica-se que o cloro (como no hipoclorito de sódio) foi efetivo contra todas as bactérias-teste, mas foi mais efetivo contra as bactérias gram-positivas.

Na fileira inferior de cada placa, os testes mostraram que o composto de amônio quaternário (“quat”) também foi mais efetivo contra as bactérias gram-positivas, mas não afetou as pseudomonas.

No lado esquerdo de cada placa, o hexaclorofeno foi efetivo somente contra as bactérias gram-positivas. No lado direito, o O-fenilfenol foi ineficaz contra pseudomonas, mas foi quase igualmente eficaz contra as bactérias gram-positivas e as gram-negativas.

Todas as quatro substâncias químicas funcionaram contra as bactérias-teste gram-positivas, mas somente uma das quatro afetou as pseudomonas.

### P Qual grupo de bactérias é o mais resistente aos desinfetantes testados?



**Figura 7.7** A estrutura dos fenólicos e dos bifenóis.

### P Alguns produtos com o objetivo de aliviar os sintomas de uma dor de garganta contêm fenol. Por que esta substância foi incluída?

#### Bifenóis

Os **bifenóis** são derivados do fenol que possuem dois grupos fenólicos ligados por uma ponte (*bi* indica dois). Um bifenol, o *hexaclorofeno* (Figuras 7.6 e 7.7c) é um dos ingredientes da loção pHisoHex, usada em procedimentos de controle microbiano cirúrgico e hospitalar. Estafilococos e estreptococos gram-positivos, que podem causar infecções de pele em recém-nascidos, são especialmente suscetíveis ao hexaclorofeno, que é usado com frequência

para controlar essas infecções em berçários. Contudo, o uso excessivo deste bifenol, como o banho de lactentes com ele várias vezes por dia, pode levar a danos neurológicos.

Outro bifenol amplamente utilizado é o *triclosano* (Figura 7.7d), um dos componentes presentes nas formulações de sabonetes antibacterianos e pastas de dente. O uso do triclosano foi incorporado inclusive em tábuas de cozinha e em cabos de facas e outros utensílios de cozinha feitos de plástico. Seu uso está tão difundido atualmente que bactérias resistentes a este agente já foram relatadas, e há uma preocupação quanto ao efeito do triclosano sobre a resistência de micro-organismos a certos antibióticos. O triclosano inibe a ação de uma enzima necessária para a biossíntese de ácidos graxos (lipídeos), afetando principalmente a integridade da membrana plasmática. É especialmente efetivo contra bactérias gram-positivas, mas também funciona bem contra fungos e bactérias gram-negativas. Existem algumas exceções, como a *Pseudomonas aeruginosa*, uma bactéria gram-negativa que é muito resistente ao triclosano, bem como a muitos outros antibióticos e desinfetantes (veja a discussão nas páginas 308, 414 e 591).

#### Biguanidas

As biguanidas apresentam um amplo espectro de atividade, com um mecanismo de ação que afeta principalmente as membranas celulares bacterianas. Elas são especialmente efetivas contra bac-

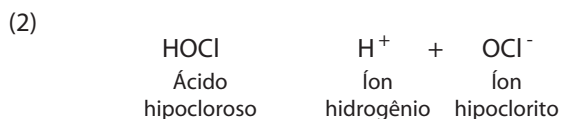
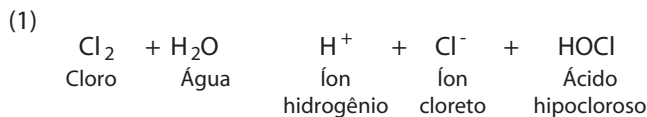
térias gram-positivas. As biguanidas também são efetivas contra bactérias gram-negativas, com exceção da maioria das pseudomonas. Elas não apresentam atividade esporocida, mas possuem alguma ação contra vírus envelopados. A biguanida mais conhecida é a *clorexidina*, frequentemente usada no controle microbiano da pele e das membranas mucosas. Combinada a um detergente ou álcool, a clorexidina também é usada para a escovação cirúrgica das mãos e no preparo pré-operatório da pele de pacientes. A *alexidina* é uma biguanida similar à clorexidina, apresentando, porém, ação mais rápida.

## Halogênios

Os **halogênios**, particularmente o iodo e o cloro, são agentes antimicrobianos eficazes, tanto isoladamente quanto como constituintes de compostos inorgânicos ou orgânicos. O *iodo* ( $I_2$ ) é um dos antissépticos mais antigos e mais eficazes, sendo eficiente contra todos os tipos de bactérias, muitos endosporos, vários fungos e alguns vírus. O iodo impede a síntese de algumas proteínas e causa alterações nas membranas celulares microbianas, aparentemente pela formação de complexos com aminoácidos e ácidos graxos insaturados.

O iodo está disponível como uma **tintura** – isto é, em solução em álcool aquoso – e como um **iodóforo**. Um **iodóforo** é uma combinação de iodo e uma molécula orgânica, da qual o iodo é lentamente liberado. Os iodóforos possuem a atividade antimicrobiana do iodo, mas não mancham e são menos irritantes. O preparado comercial mais comum é o Betadine, que é uma *povidona-iodo*. A povidona é um iodóforo com atividade de superfície que melhora a ação de umedecer e funciona como um reservatório de iodo livre. O iodo é usado principalmente na desinfecção da pele e no tratamento de feridas. Muitos campistas estão familiarizados com seu uso para o tratamento da água.

O *cloro* ( $Cl_2$ ), como gás ou em combinação com outras substâncias químicas, é outro desinfetante amplamente usado. Sua ação germicida é causada pelo ácido hipocloroso (HOCl) que se forma quando o cloro é adicionado à água:



O ácido hipocloroso é um forte agente oxidante que impede o funcionamento de boa parte do sistema enzimático celular. Esse ácido é a forma mais eficaz de cloro, pois tem carga elétrica neutra e se difunde tão rapidamente quanto a água através da parede celular. Devido à sua carga negativa, o íon hipoclorito ( $OCl^-$ ) não pode penetrar livremente na célula.

Uma forma líquida de gás cloro comprimido é bastante usada para desinfetar a água potável municipal, a água das piscinas e o esgoto. Vários compostos de cloro também são desinfetantes eficazes. Por exemplo, as soluções de *hipoclorito de cálcio* [ $Ca(OCl)_2$ ] são usadas para desinfetar equipamentos de fábricas de laticínios e utensílios de restaurantes. Esse composto, que um dia foi chama-

do de cloreto de cálcio, já era usado em 1825, muito tempo antes do conceito de uma teoria dos germes e das doenças, para deixar ataduras de molho em hospitais de Paris. Também era o desinfetante usado na década de 1840 por Semmelweis para controlar as infecções hospitalares durante o parto, como mencionado no Capítulo 1, página 11. Outro composto de cloro, o *hipoclorito de sódio* ( $NaOCl$ ; veja a Figura 7.6) é usado como desinfetante doméstico e alvejante (Clorox), como desinfetante em fábricas de laticínios e alimentos, e em sistemas de hemodiálise. Quando a qualidade da água potável é duvidosa, o alvejante doméstico pode fornecer um equivalente aproximado da cloração municipal. Após duas gotas de alvejante serem adicionadas a um litro de água (quatro gotas se a água estiver turva) e a mistura ser armazenada por 30 minutos, a água é considerada segura para beber em condições de emergência.

A indústria de alimentos utiliza soluções de dióxido de cloro como desinfetantes de superfície, pois não deixam odores e sabores residuais. Como desinfetante, o dióxido de cloro possui um amplo espectro de atividade contra bactérias e vírus, sendo também efetivo, quando empregado em altas concentrações, contra cistos e endosporos. Em baixas concentrações, ele pode ser usado como antisséptico (veja também a página 201 para o uso do dióxido de cloro como desinfetante e esterilizante).

Outro grupo importante de compostos de cloro são as *cloraminas*, combinações de cloro e amônia. A maioria dos sistemas municipais de tratamento de água mistura amônia com cloro para formar cloraminas. (As cloraminas são tóxicas aos peixes de aquário, mas a maioria das lojas de animais comercializa substâncias químicas para neutralizá-las.) As forças militares norte-americanas em batalha recebem pastilhas (Chlor-Floc) que contêm *dicloroisocianurato de sódio*, uma forma de cloro combinada a um agente que flocula (coagula) os materiais suspensos em uma amostra de água, fazendo-os precipitar e limpando a água. Cloraminas também são utilizadas para sanitizar louças e utensílios de restaurantes, e para tratar equipamentos de indústrias de laticínios e de alimentos. Elas são compostos relativamente estáveis, que liberam cloro durante períodos prolongados. Também são relativamente eficazes em presença de matéria orgânica, mas possuem a desvantagem de agir mais lentamente e de ser menos eficazes que o hipoclorito.

## Alcoóis

**Alcoóis** matam efetivamente as bactérias e os fungos, mas não os endosporos e os vírus não envelopados. O mecanismo de ação do álcool normalmente é a desnaturação de proteínas, mas ele também pode romper membranas e dissolver muitos lipídeos, incluindo o componente lipídico dos vírus envelopados. Os alcoóis têm a vantagem de agir e então evaporar rapidamente, sem deixar resíduo. Quando a pele é limpa (degerminada) antes de uma injeção, a atividade de controle microbiano provém do fato de simplesmente remover a poeira e os micro-organismos, junto com os óleos cutâneos. Contudo, os alcoóis não são antissépticos satisfatórios quando aplicados em feridas. Eles causam a coagulação de uma camada de proteína, sob a qual as bactérias continuam a crescer.

Dois dos alcoóis mais comumente usados são o etanol e o isopropanol. A concentração ótima recomendada de etanol é 70%,

Concentração de etanol (%)	Tempo de exposição (seg)				
	10	20	30	40	50
	100	C	C	C	C
95	NC	NC	NC	NC	NC
90	NC	NC	NC	NC	NC
80	NC	NC	NC	NC	NC
70	NC	NC	NC	NC	NC
60	NC	NC	NC	NC	NC
50	C	C	NC	NC	NC
40	C	C	C	C	C

Nota: C = houve crescimento; NC = não houve crescimento.

mas concentrações entre 60 e 95% também parecem funcionar (Tabela 7.6). O etanol puro é menos efetivo que soluções aquosas (etanol misturado com água), pois a desnaturação requer água. O isopropanol, com frequência vendido como álcool para limpeza, é levemente superior ao etanol como antisséptico e desinfetante. Além disso, é menos volátil, mais barato e mais facilmente obtido que o etanol. Purell, uma preparação comercial bastante popular usada para a limpeza das mãos, contém 62 a 65% de etanol combinado com hidratantes de pele.

O etanol e o isopropanol em geral são usados para aumentar a efetividade de outros agentes químicos. Por exemplo, uma solução aquosa de Zephiran (descrito na página 199) mata cerca de 40% da população de um organismo-teste em dois minutos, ao passo que uma tintura de Zephiran mata cerca de 85% no mesmo período. Para comparar a efetividade das tinturas e das soluções aquosas, veja a Figura 7.10 na página 200.

### Metais pesados e seus compostos

Vários metais pesados podem ser biocidas ou antissépticos, incluindo a prata, o mercúrio e o cobre. A capacidade de quantidades muito pequenas de metais pesados, especialmente a prata e o cobre, de exercerem atividade antimicrobiana é referida como **ação oligodinâmica** (*oligo* significa pouco). Séculos atrás, os egípcios descobriram que colocar moedas de prata em barris de água servia para manter a água limpa de crescimento orgânico indesejável. Essa ação pode ser vista quando colocamos uma moeda ou outra peça limpa de metal contendo prata ou cobre em uma placa de Petri inoculada. Quantidades extremamente pequenas de metal são liberadas da moeda e inibem o crescimento das bactérias a uma certa distância ao redor da moeda (Figura 7.8). Esse efeito é produzido pela ação dos íons de metais



**Figura 7.8** Ação oligodinâmica dos metais pesados. Zonas claras onde o crescimento bacteriano foi inibido são vistas em torno do pingente em formato de sombreiro (deslocado para o lado) e das duas moedas. O pingente e a moeda de cinco centavos norte-americana contêm prata; a moeda de um centavo contém cobre.

**P** As moedas usadas nessa demonstração foram cunhadas há muitos anos. Por que não foram usadas moedas atuais?

pesados sobre os micro-organismos. Quando os íons metálicos se combinam com os grupos sulfidríla nas proteínas celulares, ocorre desnaturação.

A prata é usada como antisséptico em uma solução de *nitrate de prata* a 1%. Antigamente, muitos estados dos Estados Unidos exigiam que os olhos dos recém-nascidos fossem tratados com algumas gotas de nitrato de prata, para prevenir uma infecção dos olhos denominada oftalmia gonorreica neonatal, que os lactentes poderiam contrair ao passar pelo canal do parto. Nos últimos anos, os antibióticos substituíram o nitrato de prata para este propósito.

Recentemente tem havido um interesse renovado na prata como agente antimicrobiano. Bandagens impregnadas que liberam lentamente os íons prata demonstraram ser especialmente úteis contra bactérias resistentes aos antibióticos. O entusiasmo para a incorporação de prata em todos os tipos de produtos de consumo está aumentando. Entre os recentes produtos a venda estão as embalagens plásticas de alimentos inoculadas com nanopartículas de prata, que pretendem manter o alimento fresco, além de camisas e blusas de atletas impregnadas de prata, que prometem minimizar odores.

A fórmula mais comum é uma combinação de prata com a droga sulfadiazina, a *sulfadiazina de prata*. Ela está disponível como creme tópico para ser usado em queimaduras. A prata também pode ser incorporada a cateteres, que são uma fonte comum de infecções hospitalares, e em bandagens para curativos. A *surfaccina* é um agente antimicrobiano relativamente novo que pode ser aplicado em superfícies animadas e inanimadas. Ela contém prata insolúvel em água impregnada em um polímero carreador, sendo

bastante duradoura e permanecendo no local onde foi aplicada por no mínimo 13 dias. Quando uma bactéria entra em contato com a superfície, a membrana externa da célula é reconhecida, e uma quantidade letal de íons prata é liberada.

Os compostos de mercúrio inorgânico, como o *cloreto de mercúrio*, têm uma longa história de uso como desinfetantes. Eles possuem um espectro muito amplo de atividade; seu efeito é principalmente bacteriostático. Contudo, seu uso agora é limitado devido à sua toxicidade, poder de corrosão e ineficácia em presença de matéria orgânica. Atualmente, o principal uso dos mercuriais é no controle do mofo em tintas.

O cobre em forma de *sulfato de cobre*, ou outros aditivos que contenham cobre, é usado principalmente para destruir as algas verdes (algicida) que crescem em reservatórios, tanques, piscinas e aquários. Se a água não contém matéria orgânica excessiva, os compostos de cobre são efetivos em concentrações de uma parte por milhão de água. Para prevenir o mofo, compostos de cobre como a *8-hidroxiquinolina de cobre* algumas vezes são incluídos na tinta.

Outro metal usado como antimicrobiano é o zinco. O efeito de quantidades traço de zinco pode ser visto nos telhados de prédios construídos com telhas galvanizadas (revestidas com zinco). O telhado adquire cor mais clara onde o crescimento biológico, na maioria das vezes algas, é impedido. Telhas tratadas com cobre e zinco já estão sendo comercializadas. O *cloreto de zinco* é um ingrediente comum em soluções para bochecho, e o *piritionato de zinco* é um componente presente em formulações de xampus anticaspa.

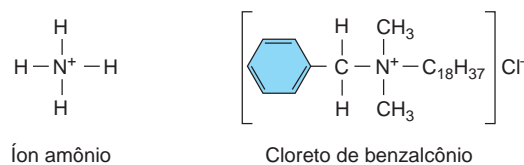
### Agentes de superfície

Os **agentes de superfície (tensoativos ou surfactantes)** podem reduzir a tensão superficial entre as moléculas de um líquido. Esses agentes incluem os sabões e os detergentes.

**Sabões e detergentes.** O sabão tem pouco valor como antisséptico, mas tem uma função importante na remoção mecânica dos micro-organismos pela esfregação. A pele normalmente contém células mortas, pó, suor seco, micro-organismos e secreções oleosas das glândulas sebáceas. O sabão rompe o filme oleoso em gotículas pequenas, um processo denominado *emulsificação*, e água e sabão juntos removem o óleo emulsificado e os resíduos e os fazem flutuar para longe à medida que a pele é lavada. Nesse sentido, os sabões são bons agentes degerminantes.

**Sanitizantes ácido-aniônicos.** Os desinfetantes de superfície *ácido-aniônicos* são muito importantes na limpeza de utensílios e equipamentos para laticínios. Sua capacidade de limpeza está relacionada à porção carregada (ânion) da molécula, que reage com a membrana plasmática. Eles atuam sobre um amplo espectro de micro-organismos, incluindo as problemáticas bactérias termofílicas, são atóxicos, não corrosivos e possuem rápida ação.

**Compostos quaternários de amônio (quats).** Os agentes de superfície mais amplamente usados são os detergentes catiônicos, em especial os **compostos quaternários de amônio (quats)**. Sua capacidade de limpeza está relacionada à parte positivamente carregada



**Figura 7.9** O íon amônio e um composto quaternário de amônio, o cloreto de benzalcônio (Zephiran). Observe como outros grupos substituem os hidrogênios do íon amônio.

### P Os quats são mais eficazes contra bactérias gram-positivas ou gram-negativas?

– o cátion – da molécula. Seu nome é derivado do fato de que eles são modificações do íon amônio de quatro valências,  $\text{NH}_4^+$  (Figura 7.9). Os compostos quaternários de amônio são bactericidas fortes contra as bactérias gram-positivas e um pouco menos ativos contra as gram-negativas (veja a Figura 7.6).

Os quats também são fungicidas, amebicidas e viricidas contra vírus envelopados. Eles não matam os endosporos ou as micobactérias. (Veja o quadro na página 201.) Seu modo de ação química é desconhecido, mas eles provavelmente afetam a membrana plasmática. Eles alteram a permeabilidade celular e causam a perda de constituintes citoplasmáticos essenciais, como o potássio.

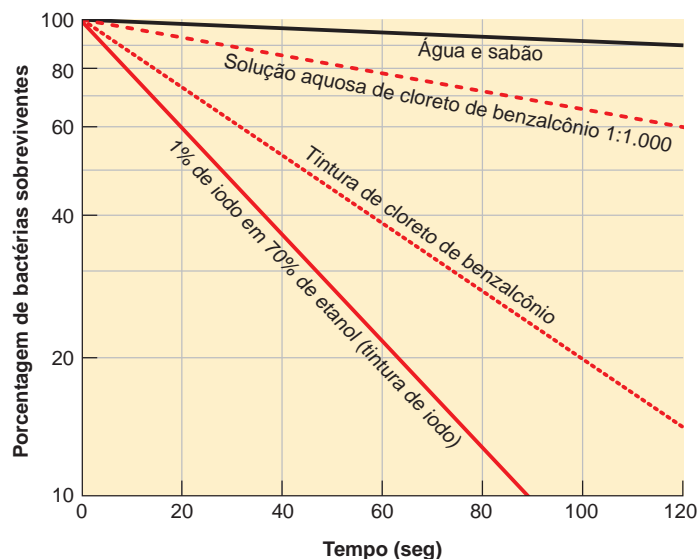
Dois quats populares são o Zephiran, o nome comercial do cloreto de benzalcônio (veja a Figura 7.9), e o Cepacol, o nome comercial do cloreto de cetilpiridínio. Eles são antimicrobianos fortes, incolores, inodoros, insípidos, estáveis, facilmente solúveis e atóxicos, exceto em altas concentrações. Se o seu frasco de líquido para higiene oral se enche de espuma quando sacudido, o produto provavelmente contém um quat em sua composição. Contudo, a matéria orgânica interfere com sua atividade, e eles são neutralizados pelos sabões e detergentes aniônicos.

Qualquer pessoa interessada nas aplicações médicas dos quats deve se lembrar de que certas bactérias, como algumas espécies de *Pseudomonas*, não somente sobrevivem nos compostos quaternários de amônio, como também crescem ativamente neles. Esses micro-organismos são resistentes às soluções desinfetantes e às gazes e bandagens embebidas nestas soluções, uma vez que as fibras tendem a neutralizar os quats.

Antes de abordarmos o próximo grupo de agentes químicos, consulte a Figura 7.10, que compara a efetividade de alguns dos antissépticos discutidos.

### Conservantes químicos de alimentos

Os conservantes químicos frequentemente são adicionados aos alimentos para retardar sua deterioração. O *dióxido de enxofre* ( $\text{SO}_2$ ) tem sido usado como desinfetante há bastante tempo, especialmente na fabricação de vinho. Homero mencionou o seu uso em *A Odisseia*, escrito cerca de 2800 anos atrás. Entre os aditivos mais comuns estão o benzoato de sódio, o ácido sórbico e o propionato de cálcio. Essas substâncias químicas são ácidos orgânicos simples ou sais de ácidos orgânicos, que o corpo metaboliza prontamente e que em geral são considerados seguros em alimentos. O *ácido sórbico*, ou seu sal mais solúvel, o *sorbato de potássio*, e o *benzoato de sódio* impedem os bo-



**Figura 7.10** Uma comparação da efetividade de vários antissépticos. Quanto maior a inclinação para baixo da curva de morte do antisséptico, mais eficaz ele é. Uma solução de 1% de iodo em 70% de etanol é a mais eficaz; a água e o sabão são os menos eficazes. Observe que uma tintura de cloreto de benzalcônio é mais eficaz que uma solução aquosa do mesmo antisséptico.

**P** Por que a tintura de cloreto de benzalcônio é mais eficaz que a solução aquosa?

lores de crescerem em certos alimentos ácidos, como o queijo e os refrigerantes. Tais alimentos, geralmente com um pH de 5,5 ou menos, são mais suscetíveis à deterioração pelo mofo. O *propionato de cálcio*, um fungistático efetivo usado em pães, previne o crescimento de bolores em superfícies e da bactéria *Bacillus*, que deteriora o pão. Esses ácidos orgânicos inibem o crescimento de bolores, não por afetar o pH, mas por interferir no metabolismo do bolor ou na integridade de sua membrana plasmática.

O *nitrito de sódio* e o *nitrito de sódio* são adicionados a muitos produtos derivados de carne, como o presunto, o bacon, as salsichas e as linguças. O ingrediente ativo é o nitrito de sódio, que certas bactérias na carne também podem produzir a partir do nitrato de sódio. Essas bactérias usam o nitrato como um substituto do oxigênio em condições anaeróbicas. O nitrito tem duas funções principais: preservar a agradável cor vermelha da carne ao reagir com os componentes do sangue e prevenir a germinação e o crescimento de quaisquer endosporos botulínicos que possam estar presentes. O nitrito inibe seletivamente algumas enzimas de *Clostridium botulinum*. Tem havido alguma preocupação, pois a reação dos nitritos com os aminoácidos pode formar certos produtos carcinogênicos conhecidos como **nitrosaminas**, e a quantidade de nitritos adicionados aos alimentos, de modo geral, foi reduzida recentemente por esta razão. Contudo, o uso de nitritos continua devido ao seu valor comprovado na prevenção do botulismo. Como as nitrosaminas são formadas no corpo a partir de outras fontes, o risco adicional apresentado por um uso limitado de nitratos e nitritos na carne é inferior ao que se pensava anteriormente.

## Antibióticos

Os antimicrobianos discutidos neste capítulo não são úteis para ingestão ou injeção no tratamento de doenças. Antibióticos são usados para este objetivo. O uso de antibióticos é altamente restrito; contudo, no mínimo dois têm utilização considerável na conservação dos alimentos. Nenhum deles tem valor para fins clínicos. A *nisina* (veja a página 578), frequentemente adicionada ao queijo para inibir o crescimento de certas bactérias formadoras de endosporos que causam deterioração, é um exemplo de bacteriocina, uma proteína que é produzida por uma bactéria e que inibe outra (veja o Capítulo 8, página 239). A nisina está naturalmente presente em pequenas quantidades em muitos laticínios. Ela é insípida, facilmente digerida e atóxica. A *natamicina* (pimaricina) é um antibiótico antifúngico aprovado para uso em alimentos, principalmente para os queijos.

## Aldeídos

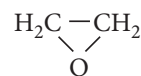
Os **aldeídos** estão entre os antimicrobianos mais efetivos. Dois exemplos são o formaldeído e o glutaraldeído. Eles inativam proteínas formando ligações cruzadas covalentes com vários grupos funcionais orgânicos nas proteínas ( $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$  e  $-\text{SH}$ ). O *gás de formaldeído* é um excelente desinfetante. Contudo, sua forma mais comumente disponível é a *formalina*, uma solução aquosa a 37% de gás de formaldeído. A formalina antigamente era bastante usada para conservar amostras biológicas e tornar inativas as bactérias e os vírus nas vacinas.

O *glutaraldeído* é um produto químico menos irritante e mais efetivo que o formaldeído. O glutaraldeído é usado para desinfetar instrumentos hospitalares, incluindo endoscópios e equipamentos de terapia respiratória, mas eles precisam ser primeiramente limpos de forma cuidadosa. Quando usado em uma solução a 2% (Cidex), é bactericida, tuberculocida e viricida em 10 minutos e esporocida em 3 a 10 horas. O glutaraldeído é um dos poucos desinfetantes químicos líquidos que pode ser considerado um agente esterilizante. Contudo, 30 minutos frequentemente são considerados o tempo máximo permitido para a atuação de um esporocida, que é um critério que o glutaraldeído não pode atender. Tanto o glutaraldeído quanto a formalina são usados por agentes funerários para embalsamar.

Um possível substituto para muitos usos do glutaraldeído é o *orto-fitalaldeído* (OFA), que é mais efetivo contra a maioria dos micro-organismos, sendo pouco irritante.

## Esterilização química

A esterilização com o uso de agentes químicos líquidos é possível, mas mesmo substâncias químicas esporocidas como o glutaraldeído normalmente não são consideradas esterilizantes na prática. Entretanto, os quimioesterilizantes gasosos frequentemente são utilizados como substituintes de processos físicos de esterilização. Sua aplicação requer a utilização de uma câmara fechada similar a uma autoclave. Provavelmente, o exemplo mais comum seja o *óxido de etileno*:





## FOCO CLÍNICO

### Infecção após a injeção de esteroides

Neste quadro você encontrará uma série de questões que agentes de controle de infecções se perguntam quando tentam descobrir a origem de uma infecção. Tente responder cada questão antes de passar à próxima.

1. Durante um período de três meses, um médico infectologista reportou ao departamento de saúde 12 pacientes com infecções causadas por *Mycobacterium abscessus* em articulações e tecidos moles. Micobactérias de crescimento lento, incluindo *M. tuberculosis* e *M. leprae*, são patógenos humanos. Estas infecções, entretanto, foram causadas por micobactérias de crescimento rápido (RGMs, de *rapidly growing mycobacteria*).

#### Onde estas RGMs normalmente são encontradas? (Dica: leia a página 320.)

2. Todos os 12 pacientes receberam injeções para artrite do mesmo médico. O procedimento de injeção consistia na limpeza da pele com chumaços de algodão embebidos em uma solução de Zephiran (1:10), seguidas de antisepsia com *swabs* embebidos em solução de iodo comercial, anestesia da

área com 0,5 mL de lidocaína a 1% aplicado com agulha e seringa estéreis, e injeção de 0,5 a 1,0 mL de betametasona (um corticoide) nas articulações.

#### Como determinar a origem da infecção?

3. Culturas foram feitas a partir de *swabs* da superfície interna dos recipientes de metal que armazenam pinças e chumaços de algodão. Culturas também foram feitas a partir dos *swabs* de iodo, dos chumaços de algodão com Zephiran, das soluções de lidocaína e betametasona, do Zephiran diluído e não diluído e de uma garrafa lacrada de água destilada usada para diluir o Zephiran.

#### Que tipo de desinfetante é o Zephiran?

4. *M. abscessus* foram isoladas apenas de chumaços de algodão embebidos em Zephiran. Um ensaio de disco-difusão foi realizado (veja a figura).

#### Quais foram os dois problemas ocorridos, e como você preveniria futuras infecções?



5. Zephiran diluído não é eficaz contra *M. abscessus*, e a capacidade desinfetante de Zephiran e de outros quats é reduzida pela presença de matéria orgânica, como chumaços de algodão. Para evitar a inoculação de bactérias em pacientes, chumaços de algodão não deveriam ser armazenados no desinfetante.

Fonte: Adaptado de *Clinical Infections Diseases* 36:954-962 (2003).

Sua atividade depende da *alquilação*, isto é, da substituição de átomos de hidrogênio lábeis das proteínas de um determinado grupo químico (como -SH, -COOH ou -CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH) por um radical. Isso ocasiona a formação de ligações cruzadas em ácidos nucleicos e proteínas, e inibe as funções celulares vitais. O óxido de etileno mata todos os micro-organismos e endosporos, mas requer um período de exposição prolongado de várias horas. Ele é tóxico e explosivo em sua forma pura; assim, normalmente é misturado a um gás não inflamável, como o dióxido de carbono. Entre suas vantagens está o fato de que é possível realizar processos de esterilização à temperatura ambiente e ele é altamente penetrante. Devido à sua capacidade de esterilizar sem calor, alguns hospitais possuem câmaras de óxido de etileno – algumas grandes o suficiente para esterilizar colchões – como parte de seu equipamento de esterilização.

O *dióxido de cloro* é um gás de curta duração que em geral é preparado no local de sua utilização. Notavelmente, ele tem sido utilizado na fumigação de ambientes fechados contaminados com endosporos de antraz. O dióxido de cloro mais estável em soluções aquosas. Seu uso mais comum é no tratamento de água, antes da etapa de cloração, onde seu objetivo é remover ou reduzir a formação de alguns compostos carcinogênicos algumas vezes formados durante a cloração.

### Plasmas

Além dos três tradicionais estados da matéria – líquido, gasoso e sólido – um quarto estado deve ser considerado, o plasma. **Plas-**

**ma** é um estado da matéria no qual um gás é excitado, nesse caso por um campo eletromagnético, para formar uma mistura de núcleos com cargas elétricas variáveis e elétrons livres. Instituições de saúde enfrentam cada vez mais o desafio de esterilizar instrumentos cirúrgicos plásticos ou metálicos utilizados em muitos procedimentos modernos de cirurgias artroscópicas e laparoscópicas. Esses instrumentos possuem tubos longos e ocios, muitos com um diâmetro interior de apenas alguns milímetros, e são difíceis de serem esterilizados. A *esterilização por plasma* é um método confiável para essa finalidade. Os instrumentos são colocados em um recipiente onde uma combinação de vácuo, campo eletromagnético e substâncias químicas como peróxido de hidrogênio (algumas vezes acompanhado de ácido peracético) forma o plasma. Este plasma possui muitos radicais livres, que rapidamente destroem até mesmo micro-organismos formadores de endosporos. A vantagem deste processo, que possui elementos de esterilização tanto química quanto física, é a de requerer apenas baixas temperaturas, embora seja relativamente caro.

### Fluidos supercríticos

O uso de fluidos supercríticos em processos de esterilização combina métodos físicos e químicos. Quando dióxido de carbono é comprimido até o ponto de atingir um estado “supercrítico”, ele apresenta propriedades tanto de líquido (com solubilidade aumentada) quanto de gás (com tensão superficial diminuída). Organismos expostos a *dióxido de carbono supercrítico* são inativados, incluindo

a maioria dos organismos vegetativos que causam deterioração e que se desenvolvem em alimentos. Mesmo a inativação dos endosporos requer apenas uma temperatura de cerca de 45°C. Utilizado há vários anos no tratamento de alimentos, o dióxido de carbono supercrítico tem sido usado recentemente para descontaminar implantes, como ossos, tendões ou ligamentos retirados de pacientes doadores.

### Peroxigênios e outras formas de oxigênio

Os **peroxigênios** são um grupo de agentes oxidantes que inclui peróxido de hidrogênio e ácido peracético.

O *peróxido de hidrogênio* é um antisséptico encontrado em muitos armários de remédio domésticos e em salas de suprimentos hospitalares. Ele não é um bom antisséptico para feridas abertas, sendo rapidamente degradado em água e oxigênio gasoso pela ação da enzima catalase, que está presente nas células humanas (veja o Capítulo 6, página 162). Contudo, o peróxido de hidrogênio desinfeta efetivamente objetos inanimados, e chega a apresentar efeito esporocida nestas aplicações, especialmente em concentrações elevadas. Em uma superfície inerte, as enzimas normalmente protetoras das bactérias aeróbicas e anaeróbicas facultativas são suplantadas pelas altas concentrações de peróxido usadas. Devido a esses fatores, e à sua rápida degradação em água e oxigênio, a indústria de alimentos está aumentando a utilização de peróxido de hidrogênio no empacotamento asséptico (veja a Figura 28.4). Os materiais de empacotamento passam por uma solução quente do produto antes de serem transformados em uma embalagem. Além disso, muitos usuários de lentes de contato estão familiarizados com a desinfecção por peróxido de hidrogênio. Após a desinfecção, um catalisador de platina no kit de desinfecção da lente destrói o peróxido de hidrogênio residual, para que ele não permaneça na lente, onde poderia causar irritação ocular.

Peróxido de hidrogênio aquecido pode ser usado como um esterilizante gasoso. Ele não é tão penetrante quanto o óxido de etileno e não pode ser usado para esterilizar produtos têxteis ou líquidos.

O *ácido peracético* (PAA, *ácido peroxiático*) é um dos mais efetivos esporocidas químicos líquidos disponíveis e pode ser usado como esterilizante. Seu modo de ação é similar ao do peróxido de hidrogênio. Geralmente é efetivo em endosporos e vírus em 30 minutos e mata as bactérias na forma vegetativa e os fungos em menos de cinco minutos. O ácido peracético tem muitas aplicações na desinfecção de equipamentos médicos e de processamento de alimentos, especialmente endoscópios, pois não deixa resíduos tóxicos (apenas água e pequenas quantidades de ácido acético) e é minimamente afetado pela presença de matéria orgânica. A FDA aprovou o uso do PAA para lavagem de frutas e vegetais.

Outros agentes oxidantes incluem o *peróxido de benzoila*, provavelmente mais conhecido como o principal componente dos medicamentos de venda livre (*over-the-counter* – OTC) para acne. O *ozônio* (O<sub>3</sub>) é uma forma altamente reativa do oxigênio, gerada pela passagem de oxigênio por descargas elétricas de alta voltagem (veja a Figura 27.16, página 783). Ele é responsável pelo odor fresco do ar após um relâmpago, próximo a faíscas elétricas ou à

luz ultravioleta. O ozônio frequentemente é usado para complementar a cloração na desinfecção da água, pois ajuda a neutralizar sabores e odores. Embora o ozônio seja um agente bactericida mais efetivo que o cloro, sua atividade residual dificilmente é mantida em água.

### TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Por que a escolha do desinfetante seria importante se você desejasse desinfetar uma superfície contaminada por vômito e uma superfície contaminada por perdigotos? **7-7**
- ✓ O que é mais viável de ser usado em um laboratório clínico, um teste de uso-diluição ou um teste de difusão em disco? **7-8**
- ✓ Por que o álcool é efetivo contra alguns vírus e não contra outros? **7-9**
- ✓ A betadina é um antisséptico ou um desinfetante quando utilizada na pele? **7-10**
- ✓ Quais características tornam os agentes de superfície interessantes para a indústria de laticínios? **7-11**
- ✓ Quais desinfetantes químicos podem ser considerados esporocidas? **7-12**
- ✓ Quais substâncias químicas podem ser usadas para esterilização? **7-13**

## Características e controle microbiano

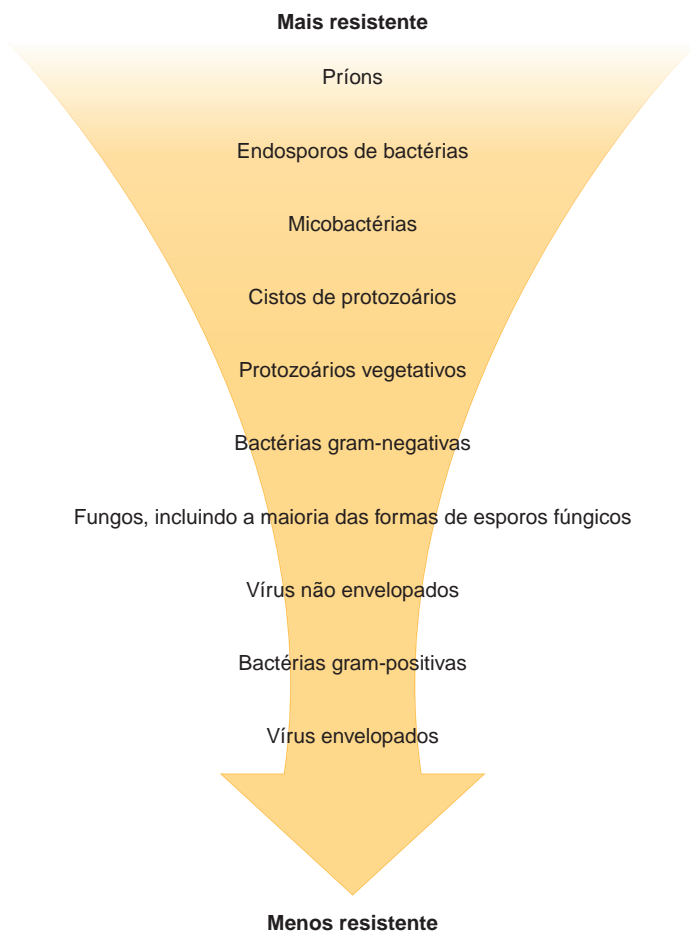
### OBJETIVO DO APRENDIZADO

- 7-14** Explicar como o controle do crescimento microbiano é afetado pelo tipo de micro-organismo.

Muitos biocidas tendem a ser mais eficientes contra bactérias gram-positivas, enquanto grupo, do que contra bactérias gram-negativas. Esse princípio é ilustrado na **Figura 7.11**, que apresenta uma hierarquia simplificada da resistência relativa dos principais grupos de biocidas microbianos. Um fator fundamental nessa resistência relativa a biocidas é a camada externa de lipopolissacarídeos das bactérias gram-negativas. Entre as bactérias gram-negativas, membros do gênero *Pseudomonas* e *Burkholderia* são de especial interesse. Essas bactérias estritamente relacionadas são muito resistentes aos biocidas (veja a Figura 7.6) e são capazes de crescer ativamente em alguns desinfetantes e antissépticos, mais especificamente em compostos quaternários de amônio. No Capítulo 20, você verá que essas bactérias também são resistentes a muitos antibióticos. Essa resistência a antimicrobianos químicos está relacionada principalmente às características de suas *porinas* (orifícios presentes na parede das bactérias gram-negativas; veja a Figura 4.13c, página 86). As porinas selecionam as moléculas que penetram na célula.

As micobactérias são outro grupo de bactérias não formadoras de endosporos que exibem uma resistência maior que o normal aos biocidas químicos (veja o quadro na página 201). Esse grupo inclui o *Mycobacterium tuberculosis*, o patógeno que causa a tuberculose. A parede celular desse organismo, e de outros membros desse gênero, possui um componente céreo e rico em lipídeos. As instruções nos rótulos de desinfetantes frequentemente especifi-





**Figura 7.11** Ordem decrescente de resistência de micro-organismos a biocidas químicos.

**P** Por que os vírus com envelopes lipídicos são relativamente suscetíveis a certos biocidas?

cam se o produto é tuberculocida, indicando se é eficiente contra as micobactérias. Testes tuberculocidas especiais foram desenvolvidos para avaliar a eficácia dos biocidas contra esse grupo bacteriano.

Os endosporos bacterianos são afetados por relativamente poucos biocidas. (A ação dos principais antimicrobianos químicos contra as micobactérias e os endosporos está resumida na **Tabela 7.7**.) Os cistos e oocistos dos protozoários também são relativamente resistentes à desinfecção química.

Os vírus não são especialmente resistentes aos biocidas, com exceção dos vírus que possuem envelope lipídico. Os agentes antimicrobianos que são lipossolúveis possuem maior probabilidade de serem eficientes contra os vírus envelopados. O rótulo desse tipo de agente indicará que ele é efetivo contra vírus lipofílicos. Os vírus não envelopados, que possuem apenas um revestimento proteico, são mais resistentes – uma quantidade menor de biocidas é efetiva contra eles.

<b>Tabela 7.7</b> Eficácia dos antimicrobianos químicos contra endosporos e micobactérias		
<b>Agentes químicos</b>	<b>Endosporos</b>	<b>Micobactéria</b>
<b>Mercúrio</b>	Sem atividade	Sem atividade
<b>Fenólicos</b>	Baixa	Boa
<b>Bifenóis</b>	Sem atividade	Sem atividade
<b>Compostos quaternários de amônio</b>	Sem atividade	Sem atividade
<b>Cloro e derivados</b>	Leve	Leve
<b>Iodo</b>	Baixa	Boa
<b>Alcoóis</b>	Baixa	Boa
<b>Glutaraldeído</b>	Leve	Boa
<b>Clorexidina</b>	Sem atividade	Leve

Um problema que ainda não foi completamente resolvido é a eliminação dos príons. Os príons são proteínas infecciosas que causam doenças neurológicas, as encefalopatias espongiformes, como a doença popularmente conhecida como “síndrome da vaca louca” (veja o Capítulo 22, página 631). Para destruir os príons, as carcaças de animais infectados são incineradas. Um grande problema, no entanto, é a desinfecção de instrumentos cirúrgicos expostos à contaminação por príons. O processo normal de autoclave é comprovadamente inadequado. A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Centro para Controle e Prevenção de Doenças (CDC) recomendam o uso combinado de uma solução de hidróxido de sódio e da autoclave a uma temperatura de 134°C. Contudo, estudos recentes mostraram que instrumentos cirúrgicos foram tratados com eficácia para a inativação dos príons, que são proteínas, pela adição de proteases à solução de lavagem.

Em resumo, é importante lembrar que os métodos de controle microbiano, especialmente os biocidas, não apresentam eficácia uniforme contra todos os micro-organismos.

### TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Sabe-se que a presença ou a ausência de endosporos interfere no controle microbiano, mas por que as bactérias gram-negativas são mais resistentes aos biocidas que as bactérias gram-positivas? **7-14**

\*\*\*

A **Tabela 7.8** resume os agentes químicos usados para controlar o crescimento microbiano.

Os compostos discutidos neste capítulo geralmente não são úteis no tratamento de doenças. Os antibióticos e os patógenos contra os quais eles são ativos serão discutidos no Capítulo 20.

<b>Tabela 7.8 Agentes químicos usados no controle do crescimento microbiano</b>			
<b>Agente químico</b>	<b>Mecanismo de ação</b>	<b>Uso preferencial</b>	<b>Comentário</b>
<b>Fenol e compostos fenólicos</b>			
1. Fenol	Ruptura da membrana plasmática, desnaturação das enzimas.	Raramente usado, exceto como padrão de comparação.	Raramente usado como desinfetante ou antisséptico devido às possibilidades de irritação e odor desagradável.
2. Compostos fenólicos	Ruptura da membrana plasmática, desnaturação das enzimas.	Superfícies ambientais, instrumentos, superfícies cutâneas e membranas mucosas.	Os derivados do fenol são reativos mesmo em presença de material orgânico; um exemplo é o O-fenilfenol.
3. Bifenóis	Provavelmente ruptura da membrana plasmática.	Sabonetes para as mãos e loções hidratantes.	O triclosano é um exemplo especialmente comum de um bifenol. É de amplo espectro, porém mais eficaz contra gram-positivos.
<b>Biguanidas (clorexidina)</b>	Ruptura da membrana plasmática.	Antissepsia da pele, especialmente para escovação cirúrgica.	Bactericida contra gram-positivos e gram-negativos, atóxico, persistente.
<b>Halogênios</b>	O iodo inibe a função das proteínas e é um forte agente oxidante; o cloro forma o agente oxidante forte ácido hipocloroso, que altera os componentes celulares.	O iodo é um antisséptico eficaz disponível como tintura e como iodóforo; o gás cloro é usado para desinfetar a água; os compostos de cloro são usados para desinfetar o equipamento de fábricas de laticínios, utensílios para refeições, itens domésticos e vidrarias.	O iodo e o cloro podem agir isoladamente ou como componentes de compostos inorgânicos e orgânicos.
<b>Alcoóis</b>	Desnaturações das proteínas e dissolução dos lipídeos.	Termômetros e outros instrumentos; ao limpar a pele com álcool antes de uma injeção, a maior parte da ação desinfetante provavelmente provém de simplesmente remover (degerminar) o pó e alguns micro-organismos.	Bactericida e fungicida, mas ineficaz contra endosporos ou vírus não envelopados; alcoóis comumente usados são o etanol e o isopropanol.
<b>Metais pesados e seus compostos</b>	Desnaturações das enzimas e outras proteínas essenciais.	O nitrato de prata pode ser usado para prevenir a oftalmia gonorréica neonatal; a sulfadiazina de prata pode ser usada como um creme tópico para as queimaduras; o sulfato de cobre é um algicida.	Os metais pesados como a prata e o mercúrio são biocidas.
<b>Agentes de superfície</b>			
Sabões e detergentes	Remoção mecânica de micro-organismos por meio de escovação.	Degerminação da pele e remoção de resíduos.	Muitos sabões antibacterianos contêm antimicrobianos.
Sanitizantes ácido-aniônicos	Incerto; pode envolver a inativação ou a ruptura de enzimas.	Sanitização em indústrias de processamento de laticínios e alimentos.	Amplo espectro de atividade; atóxicos, não corrosivos e de ação rápida.
Compostos quaternários de amônio (detergentes catiônicos)	Inibição enzimática, desnaturações das proteínas, ruptura das membranas plasmáticas.	Antisséptico para a pele, instrumentos, utensílios, objetos de borracha.	Bactericidas, bacteriostáticos, fungicidas e viricidas contra vírus envelopados; exemplos de quat são o Cepacol e o Zephan.
<b>Conservantes químicos de alimentos</b>			
Ácidos orgânicos	Inibição metabólica, afetando principalmente os bolores; a ação não está relacionada à acidez.	Ácido sórbico e ácido benzoico efetivos em baixo pH; parabenos muito usado em cosméticos e xampus; propionato de cálcio usado no pão.	Amplamente usados para controlar bolores e algumas bactérias em alimentos e cosméticos.
Nitratos/nitritos	O componente ativo é o nitrito, que é produzido pela ação de bactérias sobre o nitrato. Os nitritos inibem algumas enzimas dos anaeróbicos.	Produtos derivados da carne como presunto, bacon, salsichas e linguças.	Previnem o crescimento de <i>Clostridium botulinum</i> em alimentos; também conferem coloração avermelhada.

Tabela 7.8 (continuação)

Agente químico	Mecanismo de ação	Uso preferencial	Comentário
<b>Aldeídos</b>	Desnaturação das proteínas.	O glutaraldeído (Cidex) é menos irritante que o formaldeído e é usado para a desinfecção de equipamentos médicos.	Antimicrobianos muito efetivos.
<b>Esterilização química</b>			
Óxido de etileno e outros esterilizantes gasosos	Inibe funções vitais da célula.	Principalmente para esterilização de objetos que seriam danificados pelo calor.	O óxido de etileno é o mais comumente usado. Peróxido de hidrogênio aquecido e dióxido de cloro apresentam usos específicos.
Esterilização por plasma	Inibe funções vitais da célula.	Especialmente útil para instrumentos médicos tubulares.	Geralmente peróxido de hidrogênio excitado em vácuo por um campo eletromagnético.
Fluidos supercríticos	Inibem funções vitais da célula.	Especialmente úteis para a esterilização de implantes médicos.	Dióxido de carbono comprimido a um estado supercrítico.
<b>Peroxigênicos e outras formas de oxigênio</b>	Oxidação.	Superfícies contaminadas; alguns ferimentos profundos, em que eles são muito efetivos contra os anaeróbicos sensíveis ao oxigênio.	O ozônio é amplamente usado como suplemento para a cloração; o peróxido de hidrogênio é um antisséptico fraco, mas um bom desinfetante. O ácido peracético é especialmente efetivo.

## RESUMO PARA ESTUDO

### A terminologia do controle microbiano

(p. 185, 186)

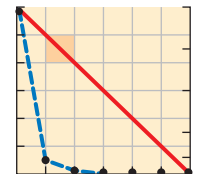
1. O controle do crescimento microbiano pode prevenir infecções e a deterioração dos alimentos.
2. A esterilização é o processo de remoção ou destruição de toda a vida microbiana em um objeto.
3. A esterilização comercial é o tratamento com calor dos alimentos enlatados para destruir os endosporos de *C. botulinum*.
4. A desinfecção é o processo que visa reduzir ou inibir o crescimento microbiano em uma superfície inanimada.
5. Antissepsia é o processo de redução ou inibição dos micro-organismos em tecidos vivos.
6. O sufixo *-cida* significa matar; o sufixo *-statico* significa inibir.
7. Sepsis é a contaminação bacteriana.

### A taxa de morte microbiana

(p. 186)

1. As populações bacterianas sujeitas ao calor ou a produtos químicos antimicrobianos normalmente morrem a uma taxa constante.

2. Esta curva de mortalidade, quando representada logaritmicamente, mostra a taxa constante de morte como uma linha reta.
3. O tempo necessário para a morte de uma população microbiana é proporcional ao número de micro-organismos.
4. As espécies microbianas e as fases do ciclo de vida (p. ex., endosporos) possuem diferentes suscetibilidades aos controles físico e químico.
5. A presença de matéria orgânica pode interferir nos tratamentos de calor e na utilização de agentes de controle químico.
6. Exposições prolongadas a menos calor podem produzir o mesmo efeito que um período mais curto sob calor mais intenso.



### Ações dos agentes de controle microbiano

(p. 186, 187)

#### Alteração na permeabilidade da membrana

(p. 186)

1. A suscetibilidade da membrana plasmática se deve a seus componentes lipídicos e proteicos.