

SANITASI DAN SANITIZER DALAM INDUSTRI PANGAN

A. ILMU SANITASI

Manusia selalu berusaha mengubah lingkungannya dengan cara-cara tertentu agar menghasilkan kondisi yang paling menguntungkan baginya. Salah satunya berusaha menghasilkan kondisi yang saniter bagi lingkungannya. Usaha-usaha ini dihimpun manusia dan dijadikan ilmu sanitasi (*sanitary science*).

Ehlers dan Steele (1958) mendefinisikan sanitasi sebagai pencegahan penyakit dengan cara menghilangkan atau mengatur faktor-faktor lingkungan yang berkaitan dalam rantai perpindahan penyakit tersebut.

Secara luas ilmu sanitasi adalah penerapan dari prinsip-prinsip tersebut yang akan membantu dalam memperbaiki, mempertahankan atau mengembalikan kesehatan yang baik pada manusia. Untuk mempraktekkan ilmu ini, maka seseorang harus mengubah segala sesuatu dalam lingkungan yang dapat secara langsung atau tidak langsung membahayakan terhadap kehidupan manusia. Dalam arti luas, juga mencakup kesehatan masyarakat (taman, gedung-gedung umum, sekolah, restoran dan lingkungan lainnya). Sanitasi akan membantu melestarikan hubungan ekologi yang seimbang.

Sanitasi pangan merupakan hal terpenting dari semua ilmu sanitasi karena sedemikian banyak lingkungan kita yang baik secara langsung maupun tidak langsung berhubungan dengan suplai makanan manusia. Hal ini sudah disadari sejak awal sejarah kehidupan manusia dimana usaha-usaha pengawetan makanan telah dilakukan seperti penggaraman, pengasinan, dan lain-lain.

Sanitasi pangan berhubungan erat dengan sanitasi obat-obatan dan kosmetik, karena penggunaan ketiga komoditi tersebut yang memerlukan kontak baik secara internal maupun eksternal dengan tubuh manusia. Demikian pula halnya sanitasi pangan tidak dapat dipisahkan dengan sanitasi lingkungan dimana produk makanan disimpan, ditangani, diproduksi atau dipersiapkan, dan dari praktek saniter serta higiene personalia yang harus menangani makanan.

Dalam industri pangan, sanitasi meliputi kegiatan-kegiatan secara aseptik dalam persiapan, pengolahan dan pengemasan produk makanan; pembersihan dan sanitasi pabrik serta lingkungan pabrik dan kesehatan pekerja. Kegiatan yang berhubungan dengan

produk makanan meliputi pengawasan mutu bahan mentah, penyimpanan bahan mentah, perlengkapan suplai air yang baik, pencegahan kontaminasi makanan pada semua tahap-tahap selama pengolahan dari peralatan personalia, dan terhadap hama, serta pengemasan dan penggudangan produk akhir.

B. PRINSIP SANITASI

Program sanitasi dijalankan sama sekali bukan untuk mengatasi masalah kotornya lingkungan atau kotornya pemrosesan bahan, tetapi untuk menghilangkan kontaminan dari makanan dan mesin pengolahan makanan serta mencegah terjadinya kontaminasi kembali.

Kontaminasi yang mungkin timbul berasal dari pestisida, bahan kimia, insekta, tikus dan partikel-partikel benda asing seperti kayu, metal, pecahan gelas dll, tetapi yang terpenting dari semuanya adalah kontaminasi mikroba. Keberhasilan suatu proses sterilisasi panas tergantung dari jumlah awal mikroorganisme dalam produk pangan pada saat proses pemanasan (sterilisasi ataupun pasteurisasi) tersebut dimulai, semakin kecil semakin baik.

Kunci untuk mengontrol pertumbuhan mikroba pada produk makanan dan di pabrik pengolahan makanan adalah program higiene dan sanitasi yang efektif. Yang dimaksudkan dengan program sanitasi bukanlah semata-mata merupakan pemakaian desinfektan saja tetapi lebih dari itu.

Derajat efektifitas suatu sanitasi pabrik secara langsung mempunyai dampak pada kualitas produk akhir.

Sanitasi mempunyai dua prinsip, yaitu

1. Membersihkan

Menghilangkan mikroba yang berasal dari sisa makanan dan tanah yang mungkin dapat menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroba.

2. Sanitasi

Menggunakan zat kimia dan atau metode fisika untuk menghilangkan sebagaimana besar mikroorganisme yang tertinggal pada permukaan alat dan mesin pengolah makanan.

C. SUMBER KONTAMINASI

Bahan baku mentah

Diperkirakan proses pembersihan dan pencucian untuk menghilangkan tanah dan untuk mengurangi jumlah mikroba pada bahan mentah. Penghilangan tanah dianggap amat penting karena tanah mengandung mikroba khususnya dalam bentuk spora.

Peralatan/mesin yang berkontak langsung dengan makanan

Alat ini harus dibersihkan secara berkala dan efektif dengan interval waktu yang agak sering guna menghilangkan sisa makanan dan tanah yang memungkinkan untuk pertumbuhan kuman.

Peralatan untuk sterilisasi panas

Harus diusahakan dipelihara agar berada di atas suhu 75-76°C agar bakteri terfilik tidak hidup.

Air untuk pengolahan makanan

Air yang digunakan sebaiknya memenuhi persyaratan air minum.

Air Pendingin Kaleng

Harus mengandung desinfektan dalam dosis yang cukup. Peralatan/mesin yang menangani produk akhir (*post process handling equipment*). Harus dalam keadaan kering dan bersih untuk menjaga agar tidak terjadi rekontaminasi.

GMP mempersyaratkan agar dilakukan pembersihan dan sanitasi dengan frekuensi yang memadai terhadap seluruh permukaan mesin pengolahan makanan baik yang berkontak langsung dengan makanan, maupun yang tidak. Mikroba membutuhkan air untuk pertumbuhannya, inilah sebabnya mengapa persyaratan GMP mengharuskan setiap permukaan yang bersinggungan dengan makanan dan berada dalam kondisi basah harus dikeringkan dan disanitasi.

Proses pembersihan akan menghilangkan sisa makanan, lapisan kotoran dan tanah yang bisa menjadi sumber pertumbuhan mikroba, sesudah itu pemberian desinfektans akan mampu membunuh mikroba pada permukaan alat/mesin.

Pada hakekatnya setiap pabrik harus mempunyai pola praktek higiene dan sanitasi yang diikuti dengan seksama. Konsentrasi dari desinfektan yang dipakai harus selalu diawasi dan disesuaikan dengan petunjuk dari pabrik maupun agen pembuatan desinfektan.

D. TAHAP-TAHAP HIGIENE DAN SANITASI

Prosedur untuk melaksanakan higiene dan sanitasi harus disesuaikan dengan jenis dan tipe mesin/alat pengolah makanan. Standard yang digunakan adalah:

1. "Pre rinse" atau langkah awal yaitu: menghilangkan tanah dan sisa makanan dengan mengerok, membilas dengan air, menyedot kotoran dan sebagainya.
2. Pembersihan: menghilangkan tanah dengan cara mekanis atau mencuci dengan lebih efektif.
3. Pembilasan: membilas tanah dengan pembersih seperti sabun/deterjen dari permukaan.
4. Pengecekan visual: memastikan dengan indera mata bahwa permukaan alat-alat bersih.
5. Penggunaan desinfektan: untuk membunuh mikroba.
6. Pembersihan akhir: bila diperlukan untuk membilas cairan desinfektan yang padat.
7. "Drain dry" atau pembilasan kering: desinfektan atau *final rinse* dikeringkan dari alat-alat tanpa diseka/dilap. Cegah jangan sampai terjadi genangan air karena genangan air merupakan tempat yang baik bagi pertumbuhan kuman.

Pemilihan zat kimia untuk higiene dan sanitasi; beserta kadarnya ditentukan dan disesuaikan dengan perkiraan tingginya derajat pengotoran oleh sisa makanan pada permukaan alat dan mesin pengolahan.

Tabel 1. Jenis pengotoran makanan dan pembersih yang dianjurkan.

Jenis Pengotoran Makanan	Pembersih yang dianjurkan
Karbohidrat: Adonan tepung, pasta, kentang, sayuran	Deterjen basa lemah
Lemak: Mentega, minyak, frosting, lemak binatang, mentega kacang	Deterjen basa lemah
Protein tinggi: keju, kasein, ikan, daging <i>poultry</i>	Chlorinated alkaline detergent
Mineral: bayam, air keras, <i>dairy products</i>	Acid detergent

Tujuan utama penggunaan sanitaiser (desinfektan) adalah untuk mereduksi jumlah mikroba patogen dan perusak di dalam pengolahan pangan dan pada fasilitas dan perlengkapan persiapan makanan. Pengawasan terhadap mikroorganisme ini penting untuk menjamin suatu produk yang aman dan utuh dengan masa simpan yang cukup.

E. Sumber-Sumber Sanitasi

1. Uap

Uap untuk tujuan sanitasi dapat diterapkan dengan menggunakan uap mengalir pada suhu 170°F (76.7°C) selama 15 menit atau 200°F (93.3°C) selama 5 menit. Sanitasi dengan uap tidak efektif dan mahal. Penggunaan uap ini untuk permukaan yang terkontaminasi berat dapat menyebabkan terbentuknya gumpalan yang keras pada residu bahan organik dan menghambat penetrasi panas yang mematikan mikroba.

2. Air Panas

Peredaman alat-alat kecil (pisau, bagian-bagian kecil, perangkat makan, dan wadah-wadah kecil) dalam air yang dipanaskan hingga 80°C atau lebih tinggi merupakan cara lain untuk sterilisasi panas. Efek yang mematikan oleh panas ini diduga disebabkan karena denaturasi beberapa molekul protein di dalam sel. Akan tetapi penuangan air panas ke dalam wadah bukan merupakan metode sterilisasi yang dapat diandalkan, karena dengan cara ini suhu tinggi tidak dapat dipertahankan untuk menjamin sterilisasi yang cukup. Air panas dapat merupakan cara yang efektif, nonselektif untuk permukaan yang akan bersentuhan dengan makanan. Akan tetapi spora-spora mikroba dapat tetap hidup selama lebih dari 1 jam pada suhu air mendidih. Cara sterilisasi sering digunakan untuk *plate heat exchanger* dan peralatan makan yang digunakan dalam fasilitas pelayanan makanan (food service). Udara panas juga dapat digunakan untuk sanitasi dengan suhu 82.2°C selama 20 menit.

Suhu air yang digunakan akan menentukan waktu kontak yang dibutuhkan untuk menjamin sterilisasi. Salah satu contoh hubungan suhu – waktu

adalah kombinasi yang diterapkan oleh berbagai pabrik yang menggunakan waktu 15 menit pada suhu 85°C atau 20 menit pada suhu 80°C. Bila waktu dikurangi lebih lanjut, dibutuhkan suhu yang lebih tinggi. Volume air dan kecepatan alirannya akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan oleh setiap komponen untuk mencapai suhu yang diinginkan. Bila kesadahan air melebihi 60 mg/l, akan timbul karat pada permukaan yang disanitasi, apabila air tidak dilunakkan. Air panas menguntungkan karena mudah tersedia dan tidak beracun. Sanitasi dapat dilengkapi dengan pompa air atau peralatannya direndam dalam air.

3. Sanitasi Radiasi

Radiasi pada panjang gelombang 2500A dalam bentuk sinar ultra violet atau katode energi tinggi atau sinar gama akan menghancurkan mikroorganisme. Sinar ultra violet telah digunakan dalam bentuk lampu uap merkuri bertekanan rendah untuk menghancurkan mikroorganisme di rumah sakit, di rumah dan untuk aplikasi lain yang serupa. Akan tetapi cara ini mempunyai kelemahan dalam pemanfaatannya untuk pabrik makanan dan fasilitas pelayanan makanan, adalah hal total efektifitas. Kisaran mematikan mikroorganisme yang efektif dari sinar ultra violet ini pendek, sehingga membatasi penggunaannya dalam pengolahan pangan. Waktu kontak yang digunakan harus lebih dari 2 menit dan hanya mapu menghancurkan mikroba yang terkena sinar langsung. Aplikasi utama dari cara sterilisasi ini adalah di bidang pengemasan.

4. Sanitasi Kimia

Berbagai sanitaiser kimia tersedia untuk digunakan dalam pengolahan dan pelayanan makanan. Sanitaiser kimia bervariasi dalam komposisi kimia dan aktifitas, tergantung pada kondisi. Pada umumnya, makin pekat suatu sanitaiser, kerjanya makin efektif dan makin cepat. Untuk memilih sanitaiser yang paling sesuai untuk suatu aplikasi yang spesifik, maka perlu dimengerti sifat-sifat dari suatu sanitaiser kimia. Oleh karena sanitaiser kimia tidak mampu berpenetrasi, maka mikroorganisme yang terdapat dalam retakan-retakan, celah-celah, lubang-lubang, dan dalam cemaran mineral tidak dapat dihancurkan seluruhnya. Agar

sanitaiser yang dicampurkan dengan bahan pembersih bekerja secara efektif, suhu larutan pembersih harus 55°C atau lebih rendah dan cemaran yang ada hanya ringan. Efektifitas suatu sanitaiser kimia dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik dan kimia seperti yang dijelaskan berikut ini :

a. Waktu kontak

Telah diketahui dari penelitian terdahulu bahwa kematian populasi mikroorganisme mengikuti suatu pola logaritmik, menunjukkan bahwa bila 90 persen dari populasi dibunuh dalam satu satuan waktu berikutnya, meninggalkan hanya 1 persen dari jumlah awal. Populasi mikroba dan populasi sel mempunyai kepekaan yang bervariasi terhadap sanitaiser, yang disebabkan oleh umur sel, pembentukan spora, faktor-faktor fisiologis lain yang menentukan waktu yang dibutuhkan untuk sanitaiser agar efektif.

Waktu kontak minimum 2 menit untuk peralatan dan perlengkapan, kemudian ada waktu selang 1 menit setelah kontak tersebut, sebelum alat digunakan.

b. Suhu

Laju pertumbuhan mikroflora dan laju kematian disebabkan oleh bahan kimia akan meningkat dengan naiknya suhu. Akan tetapi suhu yang lebih tinggi, umumnya akan menurunkan tegangan permukaan, meningkatkan pH, menurunkan viskositas, dan menimbulkan perubahan-perubahan lain yang dapat memperkuat daya bakterisidalnya. Pada umumnya kecepatan sanitasi akan sangat melebihi laju pertumbuhan bakteri, sehingga efek terakhir dari peningkatan suhu adalah untuk meningkatkan kecepatan destruksi bakteri.

Suhu optimum praktis untuk sanitasi adalah 70 - 100°F (21.1 – 37.8°C). Kenaikan suhu 18°C umumnya akan mengubah efektifitas dua kali lipat. Yodium bersifat mudah menguap dan hilang dengan cepat pada suhu di atas 120°F (48.9°C) atau khlorin menjadi sangat korosif pada suhu lebih dari 120°F. Beberapa sanitaiser tidak efektif pada suhu 40°F (4.4°C) atau di bawahnya.

c. Konsentrasi

Peningkatan konsentrasi sanitaiser akan meningkatkan kecepatan destruksi bakteri. Rekomendasi perusahaan umumnya adalah 50 persen margin of safety. Larutan sanitaiser harus diperiksa secara rutin dan diganti bila menjadi terlalu lemah dan biasanya disediakan “test kits” oleh perusahaan. Untuk beberapa sanitaiser warna dan bau dari larutan dapat merupakan indikasi kekuatan.

d. pH

Merupakan faktor kunci dalam efisiensi sanitaiser. Perubahan pH yang kecil saja sudah dapat mengubah aktifitas antimikroba dari sanitaiser. Senyawa-senyawa khlorin dan yodium umumnya menurunkan efektifitasnya dengan kenaikan pH. Khlorin akan kehilangan efektifitas dengan cepat pada pH lebih dari 10, sedangkan yodium pd pH lebih dari 5.0. Pada umumnya makin tinggi pH, sanitaiser makin kurang efektif, kecuali quat (quaternary ammonium compounds) paling efektif pada pH agak basa (pH 7 – 9).

e. Kebersihan alat

Alat harus benar-benar bersih agar diperoleh kontak yang baik antara sanitaiser dengan permukaan alat. Di samping itu senyawa hipoklorit, senyawa khlorin lain, senyawa yodium, dan sanitaiser lain dapat bereaksi dengan bahan organik dari cecaran yang belum dihilangkan dari peralatan dan menurunkan efektifitasnya.

f. Kesadahan air

Bila air terlalu sadah (lebih dari 200 ppm kalsium), jangan menggunakan senyawa quat kecuali bila digunakan juga senyawa sequestering atau chelating. Pencampuran senyawa quat mampu mengimbangi kesadahan hingga 500 ppm. Bila tidak ada senyawa sequestering, air sadah akan membentuk lapisan pada permukaan alat. Sanitaiser dengan efektifitas optimum pada pH rendah (2 – 3) seperti iodophores, juga kurang efektif pada

air sadah karena pH air akan naik. Efektifitas bakterisidal dari hipoklorit tidak dipengaruhi oleh air sadah, tetapi dalam air yang sangat sadah (500 ppm) dapat terbentuk endapan.

g. Incompatible agents

Kontaminasi khlorin atau yodium dengan deterjen alkali akan menurunkan efektifitas dengan cepat, karena pH akan naik. Kontaminasi senyawa quat dengan senyawa-senyawa asam (misal deterjen anionik dan beberapa fosfat), menyebabkan quat tidak efektif.

F. SIFAT-SIFAT SANITIZER

Sanitaiser yang ideal harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Sifat-sifat destruksi mikroba

Sanitaiser yang efektif harus :

- a. Mempunyai aktifitas yang seragam, spektrum luas terhadap sel-sel vegetatif dari bakteri, kapang dan kamir.
- b. Menghasilkan kematian yang cepat

2. Ketahanan terhadap lingkungan

Suatu sanitaiser yang ideal harus efektif dengan adanya :

- a. Bahan organik (beban cemaran)
- b. Residu deterjen dan sabun
- c. Kesadahan air dan pH

3. Sifat-sifat membersihkan yang baik

4. Tidak beracun dan tidak menyebabkan iritasi

5. Larut dalam air dengan berbagai perbandingan

6. Bau dapat diterima atau tidak berbau

7. Stabil dalam larutan pekat dan encer

8. Mudah digunakan

9. Banyak tersedia

10. Murah

11. Mudah diukur dalam larutan yang telah digunakan

G. SANITASI KIMIAWI

Meskipun panas dan sinar UV sangat efektif untuk proses sanitasi, hingga kini industri makanan masih sangat bergantung pada desinfektan kimiawi. Desinfektan tersebut akan membasmi sebagian besar mikroba, meskipun tidak 100%. Yang penting adalah karyawan wajib mempertimbangkan bahwa spora mikroba bisa bertahan terhadap desinfektans. Jadi permukaan yang sudah diberi desinfektan adalah tidak seteril. Sesudah sanitasi, jumlah mikroba berkurang banyak, tapi tidak steril, karena steril berarti tidak ada mikroba.

Dalam peraturan GMP mempersyaratkan penggunaan zat kimia yang cukup dalam dosis yang dianggap aman. Sangat penting untuk mengikuti petunjuk penggunaannya dari pabrik pembuatnya. Efektifitas dari desinfektan tergantung pada jenis dan konsentrasinya, lama kontak, suhu dan pH. Sangat tidak berguna untuk melakukan desinfeksi suatu permukaan alat yang kotor, karena desinfektan menjadi tidak efektif. Desinfektan yang lazim digunakan adalah klorin, jod dan amonium quarterner. Desinfektan tersebut biasanya dilarutkan dalam air.

Sanitaiser kimia umumnya dikelompokkan berdasarkan senyawa kimia yang mematikan mikroorganisme yaitu (1) senyawa-senyawa pelepas khlorin, (2) quaternary ammonium compounds, (3) iodophor dan (4) senyawa amfoterik.

1. Senyawa Khlorin

Jika digunakan secara tepat bahan ini paling cocok digunakan pada unit pengolahan dan pengangkutan makanan. Dapat diperoleh dalam bentuk larutan hipoklorit yang mengandung 100.00 - 120.000 mg klorin/liter atau dicampur dengan detergen dalam bentuk kristal yang telah diklorinasi. Desinfektan ini bekerja cepat terhadap sejumlah mikroorganisme dan harganya relatif murah. Sangat cocok sebagai desinfektan umum di tempat usaha makanan. Harus digunakan pada konsentrasi 100-250 mg klorin/liter. Golongan desinfektan ini bersifat korosif terhadap bahan logam dan juga bersifat sebagai pemutih. Oleh karena itu, pembilasan perlu segera dilakukan setelah cukup waktu kontak. Desinfektan klorin kecuali klorin dioksida dayanya akan hilang apabila ada kotoran organik.

Hipokhlorit adalah sanitaiser yang paling banyak digunakan dalam industri makanan, tetapi ada sejumlah senyawa klorin lain yang juga digunakan dalam jumlah terbatas. Senyawa-senyawa tersebut di antaranya adalah Cl_2 dan trisodium fosfat terkhlorinasi, seperti juga khloramin organik, turunan asam isosianurik dan diklorodimetilhidantoin.

Senyawa-senyawa klorin yang berfungsi sebagai sanitaiser dapat dikelompokkan menjadi (1) klorin cair, (2) hipokhlorit, (3) khloramin anorganik, dan (4) khloramin organik dan klorin dioksida.

Pada umumnya sejumlah senyawa penghasil klorin merupakan sanitaiser yang paling kuat dengan aktivitas spektrum luas, bakteri gram positif dan gram negatif sama-sama peka; di samping itu senyawa-senyawa ini memperlihatkan aktivitas terhadap spora-spora bakteri. Banyak senyawa-senyawa penghasil klorin murah harganya; mudah digunakan dan tidak dipengaruhi oleh air sadah. Tetapi, pH tinggi harus dijaga untuk mencegah korosi, dengan konsekuensi hilangnya sebagian aktivitas bakterisidal. Kerugian utama dari senyawa-senyawa pelepas klorin adalah cepat inaktif oleh adanya bahan organik; di samping itu harus dibilas dengan baik untuk mencegah korosi.

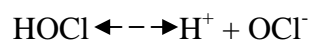
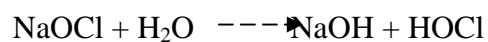
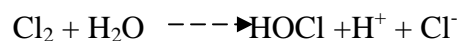
Aktifitas klorin sebagai senyawa antimikroba belum ditetapkan. Diusulkan bahwa asam hipokhlorit (HOCl), senyawa klorin yang paling aktif mematikan sel mikroba dengan cara penghambatan oksidasi glukosa oleh gugus sulfidril pengoksidasi klorin dari enzim-enzim tertentu yang penting dalam metabolisme karbohidrat. Aldolase diduga merupakan bagian utama dari kerjanya mengingaf sifat esensial dalam metabolisme.

Cara kerja lain dari klorin yang telah diusulkan adalah (a) gangguan sintesa protein, (b) dekarboksilasi oksidatif dari asam-asam amino menjadi nitril dan aldehid, (c) reaksi dengan asam nukleat, purin, pirimidin; (d) metabolisme tak seimbang setekah destruksi enzim-enzim kunci., (e) induksi kerusakan deoxyribonucleic acid (DNA) yang diikuti dengan hilangnya kemampuan fosofrilasi oksidatif dengan kebocoran beberapa makromolekul, (g) pembentukan turunan N-klor sitosin yang beracun, dan (h) menyebabkan penyimpangan kromosomal.

Sel-sel vegetatif mengambil khlorin bebas tetapi tidak khlorin terikat. Pembentukan khloramin dalam protoplasma sel tidak menyebabkan destruksi awal. Penggunaan ^{32}P dengan adanya khlorin menunjukkan bahwa ada perubahan permeabilitas yang bersifat destruktif dalam membran sel mikroba. Penelitian oleh Camper dan McFeters (1979) menunjukkan bahwa khlorin mempengaruhi fungsi membran sel, terutama transpor nutrisi ekstraseluler, dan bahwa karbohidrat dan asam amino berlabel tidak dapat diambil oleh sel-sel yang telah diberi perlakuan dengan khlorin. Penelitian oleh Bernarde *et al* (1965) dengan menggunakan asam amino berlabel ^{14}C , mengungkapkan bahwa khlorin dioksida merusak sintesis protein dari *Escherichia coli*, walaupun tingkat kerusakannya tidak ditentukan.

Senyawa-senyawa pelepas khlorin diketahui merangsang germinasi spora dan setelah itu menginaktifkan spora-spora bergerminasi tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Kulikoosky *et al* (1975) menunjukkan bahwa khlorin mengubah permeabilitas spora melalui perubahan-perubahan di dalam integumen, dengan kemudian segera melepaskan Ca^{2+} , dipicolinic acid (DPA), RNA dan DNA.

Sifat-sifat khlorin sedemikian rupa, di mana bila khlorin cair (Cl_2) dan hipoklorit dicampur dengan air, mereka akan terhidrolisa membentuk ion hidrogen (H^+) dan ion hipoklorit (OCl^-) sesuai dengan reaksi di bawah ini. Bila natrium bergabung dengan hipoklorit untuk membentuk natrium hipoklorit, reaksi berikut ini akan berlangsung.



Senyawa-senyawa khlorin lebih efektif sebagai senyawa anti mikroba pada pH yang lebih rendah di mana adanya asam hipoklorit lebih dominan. Bila pH naik, ion hipoklorit, yang tidak efektif sebagai bakterisida, akan terdapat dalam jumlah lebih banyak. Oleh karena itu molekul dalam bentuk utuh nampaknya merupakan senyawa aktif.

Senyawa-senyawa penghasil khlorin yang terdapat dalam bentuk bubuk sering kali diduga lebih stabil daripada bentuk cairnya. Akan tetapi, bubuk akan

menyerap air lebih cepat, sehingga menjadikannya tidak stabil, dan oleh karena itu dibutuhkan desikan untuk menjaga stabilitasnya.

2. Hipoklorit

Hipoklorit adalah senyawa khlorin yang paling aktif, dan juga paling banyak digunakan. Kalsium hipoklorit dan natrium hipoklorit adalah senyawa-senyawa hipoklorit yang utama. Sanitaiser ini efektif dalam menginaktifkan sel-sel mikroba dalam suspensi air dan membutuhkan waktu kontak kira-kira 1.5-100 detik. Reduksi populasi sel sebanyak 90 persen untuk sebagian besar mikroorganisme dapat dicapai dalam waktu kurang dari 10 detik dengan kadar khlorin bebas (FAC = free available chlorine) yang relatif rendah. Spora-spora bakteri lebih tahan dari pada sel-sel vegetatif terhadap hipoklorit. Waktu yang dibutuhkan untuk mereduksi populasi sel sebanyak 90 persen, menurut Odlaug (1981), dapat berkisar dari kira-kira 7 detik hingga lebih dari 20 menit. Konsentrasi FAC yang dibutuhkan untuk inaktivasi spora-spora bakteri kira-kira 10-1000 kali (1000 ppm dibandingkan dengan 0.6-13 ppm) lebih tinggi daripada yang dibutuhkan untuk sel-sel vegetatif. Spora-spora *Clostridium* kurang tahan terhadap aplikasi sanitaiser dimana konsentrasi asam hipoklorit rendah dan waktu kontak singkat, maka efek terhadap spora bakteri juga terbatas.

Kalsium hipoklorit dan natrium hipoklorit, dan trisodium phosphat terkhlorinasi (CTP = chlorinated trisodium phosphate) dapat digunakan sebagai setelah pembersihan. Hipoklorit juga dapat ditambahkan pada larutan senyawa pembersih untuk memberikan suatu kombinasi pembersih-sanitaiser. Senyawa-senyawa pelepas khlorin organik, seperti natrium dikloroisosianurat dan diklorodimetil hidantoin, dapat diformulasi dengan senyawa senyawa pembersih (deterjen).

Larutan-larutan khlorin aktif merupakan suatu sanitaiser yang sangat aktif terutama sebagai khlorin bebas dan dalam larutan sedikit asam. Senyawa-senyawa ini nampaknya bekerja dengan mendenaturasi protein dan menginaktifkan enzim. Sanitaiser khlorin efektif terhadap bakteri gram positif dan bakteri gram negatif dan terhadap beberapa virus dan spora-spora tertentu. Akan tetapi khlorin dari hipoklorit

dan senyawa pelepas khlorin lainnya bereaksi dengan dan dinaktifkan oleh bahan organik yang tersisa. Akan tetapi, bila digunakan volume larutan khlorin yang direkomendasikan dan konsentrasi yang cukup, efek sanitasi tetap dapat dicapai. Hanya larutan segar sebaiknya digunakan karena penyimpanan larutan bekas dapat menyebabkan turunnya kekuatan dan aktifitas sanitaiser. Konsentrasi khlorin aktif dapat diukur untuk menjamin aplikasi dan konsentrasi yang diinginkan.

Asam hipoklorit (HOCl) sendiri tidak stabil tetapi banyak garam-garamnya lebih stabil. Dalam larutan, garam-garam ini berdisosiasi untuk membentuk OCl⁻ yang bertanggung jawab untuk sifat-sifat bakterisidal dari hipoklorit. Garam yang paling banyak digunakan adalah NaOCl yang tersedia dalam bentuk komersial sebagai cairan pekat mengandung 10-14% khlorin. Bila cairan/larutan pekat ini diencerkan dengan air suling (1:1 atau 1:9) maka kadar khlorin (available chlorine) akan turun lebih lambat selama penyimpanan (Hoffman *et al* 1981). Yang juga banyak digunakan adalah CaO(Cl₂) yang terdapat dalam bubuk dan mengandung 30% available chlorine. Dalam bentuk yang lebih encer larutan-larutan NaOCl banyak digunakan dalam industri pangan sebagai desinfektan umum dalam sistem CIP; larutan harus dipersiapkan segar dan ditangani hati-hati karena sifatnya yang dapat mengiritasi kulit. Dalam formulasi komersial kadang-kadang ditambahkan surfaktan dan stabilizer, untuk membantu kemampuan membasahkan dan penetrasi; dan untuk memperbaiki aktivitas selama penyimpanan. Larutan-larutan hipoklorit harus selalu disimpan dalam wadah gelap atau dalam wadah yang opak; stabilitas juga akan meningkat bila digunakan suhu dingin.

Larutan akan lebih stabil di atas pH 9.5 sedangkan aktivitas germisidal maksimal di antara pH 4 dan pH 5; pada pH 5 efek korosi juga maksimal. Oleh karena masalah korosi, larutan pH 10-11 digunakan dan suhu operasi dipertahankan relatif rendah karena pada suhu lebih tinggi akan terjadi korosi dan hilangnya stabilitas desinfektan. Konsentrasi penggunaan bervariasi antara 50 dan 200 ppm available chlorine dan waktu kontak antara 3 dan 30 menit; perlu diingat bahwa dalam setiap keadaan spesifik, konsentrasi minimum dan waktu yang dibutuhkan untuk mematikan mikroorganisme harus digunakan dengan tujuan untuk menghindari kemungkinan korosi permukaan-permukaan yang peka.

3. Gas khlorin

Gas khlorin umum digunakan untuk desinfeksi suplai uap air tetapi juga dapat digunakan dalam industri pangan. Gas khlorin ini harus diberikan dalam suplai air dengan kecepatan yang konstan melalui suatu alat yaitu khlorinator. Pemberian khlorin perlu dilakukan di atas “break point” (titik balik) air; yaitu pada tingkat dimana kebutuhan khlorin dari air (chlorin demand), suatu faktor peubah, yang terutama tergantung pada jumlah padatan tersuspensi dan bahan organik; telah terpenuhi. Khloramin dibentuk bila senyawa-senyawa penghasil amonia terdapat dalam air dan pada dosis khlorin yang lebih tinggi akan teroksidasi. Setelah ini, barulah “break point” dicapai sehingga selanjutnya setiap penambahan khlorin akan menghasilkan suatu residu dari khlorin bebas. Residu khlorin di antara konsentrasi 1 dan 5 ppm cocok untuk sistem khlorinasi pabrik yang kontinyu seperti “sprays” dan “belts” (ban berjalan) dan elevator; konsentrasi yang lebih tinggi (10-20 ppm) mungkin dibutuhkan untuk akhir desinfeksi atau untuk air pendingin kaleng.

4. Trisodium phosphat Terklorinasi (CTSP)

CTSP atau $4(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 11\text{H}_2\text{O})\text{NaOCl}$ memberikan larutan hipoklorit buffer bila dilarutkan dalam air. Senyawa yang relatif mahal ini seing dicampur dalam formula bubuk. Kadar khlorin bebas rendah (4%) dan agak inaktif bila ada bahan organik. Senyawa-senyawa penghasil bromin misalnya natriumbromida dapat ditambahkan untuk menambah aktifitas bakterisidal.

5. Kloramin

Kloramin anorganik adalah senyawa yang dibentuk dari reaksi Worin dengan amonia nitrogen, sedangkan kloramin organik dibentuk melalui reaksi asam hipoklorit dengan amin, amida, imina atau imida. Ketidakefektifan relatif dari kloramin T dibandingkan natrium hipoklorit terlihat pada tabel 10.

Spora-spora bakteri dan sel-sel vegetatif lebih tahan terhadap kloramin daripada hipoklorit. Kloramin T melepaskan khlorin lebih lambat, sehingga efek memamatkannya lambat bila dibandingkan hipoklorit.

Senyawa- senyawa kloramin lain mempunyai efektivitas yang sama atau lebih efektif dibandingkan hipoklorit dalam menginaktifkan mikroorganisme. Natrium dikloroisosiamerat lebih aktif daripada natrium hipoklorit terhadap *E. coli*.

6. Klorin dioksida (ClO₂)

Klorin dioksida diketahui mempunyai daya mengoksidasi 2.5 kali klorin. Senyawa ini tidak seefektif klorin pada pH 6.5, tetapi pada pH 8.5 ClO₂ adalah yang paling efektif. Sifat ini menunjukkan bahwa ClO₂ kurang dipengaruhi oleh kondisi alkali dan bahan organik, oleh karena itu cocok untuk penanganan air buangan.

Tabel 2. Natrium hipoklorit dan kloramin T sebagai senyawa bakterisidal.

Organisme	Bentuk kimia	pH	ppm	Waktu (menit)	Reduksi (%)
<i>C. perfringens</i>	Kloramin	9a	200	240	37
	NaOCl	9	0.5	120	50
<i>C. bifermentans</i>	Kloramin	9a	200	120	22
	NaOCl	9	0.5	120	99.8
<i>B. metiens</i>	Kloramin	6b	1000	900	99
	NaOCl	6	25	2.5	99
<i>E. coli</i>	Kloramin	6.4b	2.4	10	90
	NaOCl	7.5	.6		99.9999
<i>S. faecalis</i>	Kloramin	6.4b	2.4	10	90
	NaOCl	7.5	.6	.5	99.9999

a) suhu uji, 10 °C

b) suhu uji, 20 ° – 25 °C

Bila senyawa-senyawa khlorin digunakan dalam larutan atau pada permukaan dimana khlorin dapat bereaksi dengan sel, maka sanitaiser ini bersifat bakterisidal dan sporisidal. Sel-sel vegetatif lebih mudah dihancurkan daripada spora-spora *Clostridium*, yang lebih mudah dimatikan daripada spora-spora *Bacillus*. Efek mematikan dari kebanyakan senyawa khlorin akan meningkat dengan naiknya available klorin bebas, turunnya pH, dan naiknya suhu. Akan tetapi, kelarutan khlorin

dalam air turun dan korositas meningkat dengan naiknya suhu, dan larutan-larutan dengan konsentrasi ion tinggi dan atau pH rendah dapat mengkaratkan logam.

Keuntungan dari senyawa-senyawa khlorin dibandingkan dengan desinfektan lain adalah sebagai berikut: (a) senyawa-senyawa yang kerjanya cepat yang akan lolos uji Chambers pada konsentrasi 50 ppm dalam waktu 30 detik, (b) senyawa-senyawa khlorin non selektif yang mematikan semua jenis sel-sel vegetatif, (c) biaya penggunaan paling rendah dibandingkan dengan sanitaiser lain (bila digunakan senyawa-senyawa khlorin yang murah), dan (d) pembilasan peralatan setelah penggunaan umumnya tidak diperlukan dan, bila tidak dibutuhkan, tidak direkomendasikan. Berikut ini adalah kerugian penggunaan senyawa-senyawa ini: (a) sanitaiser yang tidak stabil yaitu agak cepat hilang oleh panas atau oleh kontaminasi dengan bahan organik; (b) senyawa yang sangat korosif terhadap stainless steel dan logam lain; dan (c) waktu kontak yang terbatas dengan peralatan penanganan makanan sangat penting, terutama pada setiap jenis peralatan makanan atau penanganan makanan (khlorin tidak boleh kontak dengan setiap logam untuk lebih dari 20 hingga 30 menit yang disebabkan karena kemungkinan korosi).

7. Khloramin

Khloramin seperti khloramin T, khloramin B dan dikhloramin T sangat lebih stabil daripada hipoklorit dengan adanya bahan organik, kurang iritatif dan toksik tetapi harganya mahal sehingga penggunaan terbatas. Di samping itu, senyawa ini mempunyai sifat bakterisidal yang lemah dengan kadar klorin 25-30%, kecuali pada pH tinggi (lebih besar dari D_{10}) dimana senyawa ini lebih efektif daripada hipoklorit. Khloramin melepaskan khlorin perlahan-lahan dan sering digunakan bila peralatan dan perlengkapan dapat direndam untuk waktu yang lama karena senyawa ini mempunyai sifat korosif yang lemah, tetapi pembilasan digabung dengan deterjen alkali untuk membentuk deterjen-sterilizer.

8. Turunan Asam isosianurik

Asam dikloroisosianurik dan trikloroisosianurik mempunyai tingkat khlorin bebas yang sangat tinggi tetapi karena kelarutan yang rendah dalam air, maka garam-garam Na-nya lebih umum digunakan untuk desinfeksi, ini tersedia dalam bentuk bubuk dan mempunyai kadar khlorin bebas yang agak rendah (misalnya Na dikloroisosianurat, 60%).

Senyawa-senyawa ini seperti halnya khloramin, relatif mahal, stabil bila disimpan di bawah kondisi kering, noniritatif dan melepaskan khlorin secara lambat, tidak seperti khlorin, senyawa-senyawa ini mempertahankan aktivitasnya melalui kisaran pH yang lebar (6-10). Senyawa ini juga digunakan dalam pembuatan alkali deterjen sterilizer.

9. Diklorodimetilhidantoin

Bila murni, senyawa ini agak tidak larut dalam air sehingga bubuk teknis dengan kemurniannya kira-kira 25% digunakan yang memberikan kira-kira 16% available chlorine. Diklorodimetilhidantoin mempunyai sifat-sifat yang serupa dengan senyawa-senyawa pelepas khlorin organik tetapi senyawa ini mempunyai aktifitas terbesar dalam kondisi asam.

10. Senyawa Amonium Kuaterner

Semua senyawa ini mempunyai sifat sebagai detergen yang baik, tidak berwarna, relatif tidak korosif terhadap logam, tidak beracun tetapi berasa pahit. Daya kerjanya terhadap bakteri gram negatif tidak sebaik klorin, senyawa klorin dan senyawa iodosphor. Larutan ini cenderung melekat pada permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pembilasan yang seksama setelah disinfeksi dengan zat ini. harus digunakan pada konsentrasi 200-1200 mg/l. Konsentrasi yang lebih tinggi diperlukan apabila air yang digunakan berkesadahan tinggi. Senyawa ini tidak dapat digabungkan dengan sabun atau detergen anionik.

Senyawa ini yang dikenal sebagai “quaternaries”, “quats” atau “QACs”, adalah garam-garam ammonium dengan beberapa atau semua atom-atom H dalam ion

$(\text{NH}_4)^+$ disubstitusi dengan gugus alkil atau gugus aril, anionnya biasanya klorida atau bromida.

Dimana : R1, R2, R3, R4 mewakili satu atau lebih alkil atau aril yang mensubstitusi H dan X- menunjukkan suatu halida baik Cl- maupun Br-. Kation yang merupakan bagian utama adalah bagian aktif dari molekul, sedangkan bagian anion hanya penting karena dapat mempengaruhi kelarutan QAC. QAC desinfektan yang banyak digunakan adalah:

- (a) Cetil trimetil ammonium bromida
- (b) Lavrildimetilbencil ammonium bromida

Untuk aktivitas maksimum rantai alkil harus mengandung atom C antara 8-18

Senyawa-senyawa ammonium kuartener merupakan bakterida yang sangat aktif terhadap bakteri gram positif, tetapi kurang efektif terhadap bakteri gram negatif kecuali bila ditambahkan sequestran; spora bakteri relatif tahan walaupun pembentukannya dapat dicegah. Setelah desinfeksi permukaan-permukaan yang diberi perlakuan dengan QACs mempertahankan lapisan bakteristatik yang disebabkan karena adsorpsi desinfektan pada permukaan tersebut; lapisan tipis ini mencegah pertumbuhan bakteri yang masih tertinggal. Bila dibutuhkan pembilasan dapat ditingkatkan dengan menambahkan sejumlah kecil surfaktan monionik pada desinfektan. Senyawa-senyawa ini mempertahankan aktifitasnya pada kisaran pH yang cukup lebar, walaupun senyawa-senyawa ini paling aktif dalam kondisi sedikit alkali dan aktifitas akan turun cepat di bawah pH 5.

Dibandingkan dengan hipoklorit, QACs lebih mahal tetapi senyawa ini mempunyai banyak sifat-sifat yang diinginkan. Dengan demikian QACs tidak dipengaruhi oleh adanya kotoran-kotoran organik, monokorosif, walaupun beberapa jenis karet dapat dipengaruhi dan tidak mengiritasi kulit, kecuali pada suhu tinggi, sehingga dapat ditangani dengan aman.

Senyawa QACs lebih sering digunakan untuk lantai, dinding, furnitur dan perlengkapan lain. Senyawa ini mudah berpenetrasi, sehingga sangat berguna untuk permukaan-permukaan yang porous.

Kebanyakan QACs adalah deterjen kationik, yang merupakan deterjen yang buruk tetapi daya germisidanya sangat baik. Dalam senyawa ini, gugus radikal organiknyanya adalah kation sedangkan klorin biasanya adalah anion. Mekanisme daya germisidalnya belum dimengerti sepenuhnya tetapi dihubungkan dengan penghambatan enzim dan kebocoran bahan-bahan pengisi sel.

Senyawa ammonium kuartener termasuk alkildimetilbenzil amonium klorida dan alkildimetiletil benzilamonium klorida. Kedua senyawa ini efektif dalam air dengan kesadahan berkisar antara 500:1000 ppm tanpa penambahan sequestering agent. Haverland (1981) telah melaporkan sebelumnya bahwa diisobutilphenoksi etil dimetiletil benzilamonium klorida dan metildodesilbenzil-trimetilamonium klorida adalah senyawa-senyawa yang membutuhkan natrium polifosfat untuk meningkatkan kesadahan air hingga minimum 500 ppm. Senyawa-senyawa ini memerlukan pengenceran yang lebih tinggi untuk aktivitas germisidal atau bakteristatik. Seperti halnya dengan senyawa quat lain, senyawa-senyawa ini tidak korosif dan tidak iritatif pada kulit dan tidak mempunyai rasa atau bau dalam larutan yang digunakan. Konsentrasi dari larutan quat mudah diukur.

Senyawa-senyawa ammonium kuartener tidak boleh digabung dengan ammonium kuartener pembersih untuk pembersihan dan sekaligus desinfeksi, karena quat dapat dinaktifkan dengan senyawa-senyawa deterjen seperti bahan pembasah anionik dan lain-lain. Akan tetapi, peningkatan alkalinitas melalui formulasi dengan deterjen yang cocok dapat memperkuat aktivitas bakterisidal dari quat.

Walaupun quat tidak ideal untuk permukaan-permukaan yang kontak dengan makanan, tetapi quat mempunyai kemampuan dalam mereduksi populasi mikroba pada permukaan-permukaan lain. Keuntungan utama dari senyawa-senyawa ammonium kuartener adalah: (a) stabilitas terhadap reaksi dengan bahan organik, (b) ketahanan terhadap korosi logam, (c) stabi terhadap panas, (d) noniritasi kulit, dan (e) efektif pada pH tinggi.

Kerugian senyawa-senyawa ammonium kuartener adalah: (a) efektivitas terbatas (termasuk tidak efektif terhadap kebanyakan mikroorganisme gram negatif kecuali *Salmonella* dan *Escherichia coli*, (b) tidak dapat bekerja sama dengan deterjen sintetik tipe anionik, dan (c) pembentukan film pada peralatan penanganan dan pengolahan pangan.

senyawa-senyawa kuartener stabil, bahkan dalam larutan encer dan bila dipekatkan dapat disimpan dengan aman untuk waktu lama tanpa kehilangan aktifitasnya. Karena QACs merupakan surfaktan kationik, maka mereka mempunyai kemampuan sebagai deterjen, tetapi tidak dapat digunakan bersama-sama dengan surfaktan anionik atau bahkan dengan surfaktan non ionik tertentu. Garam-garam air sudah cenderung untuk mereduksi aktifitas QACs, pengaruhnya tergantung pada panjang rantai alkil dalam QACs, bila digunakan sequestering agens yang tepat, aktifitasnya dapat dipulihkan kembali. Pemilihan sequestran harus dilakukan dengan hati-hati karena beberapa tidak dapat bersama-sama dengan beberapa QACs dan menyebabkan pengendapan. Alkali-alkali kuat menginduksi efek yang serupa dan tidak dapat digunakan bersamaan dengan banyak senyawa QACs. Secara umum deterjen yang mengandung bahan-bahan tersebut harus dibilas dengan hati-hati sebelum pemberian QACs.

QACs sering membentuk busa yang cukup banyak di dalam larutan, sehingga umumnya tidak cocok untuk sistem C/P atau spray. Senyawa ini umumnya digunakan pada konsentrasi antara 5 dan 500 ppm, pada suhu 40°C dan dengan waktu kontak antara 1 dan 30 menit.

Biguanida merupakan desinfektan kationik lain yang digunakan terbatas, mempunyai keuntungan lebih aktif terhadap bakteri gram negatif, tidak memproduksi busa dan tidak dipengaruhi air sadah.

11. Yodofor

Zat ini selalu dicampur dengan detergen dalam suasana asam, oleh karena itu, cocok digunakan bila diperlukan pembersihan yang bersifat asam. Daya kerjanya cepat dan mempunyai aktivitas yang luas terhadap mikroorganisma. Biasanya

diperlukan larutan yang kadarnya 25-50 mg iodium/l pada pH 4 untuk disinfeksi permukaan yang bersih. Aktivitasnya akan hilang apabila ada zat organik.

Iodosphor memberikan tanda yang dapat dilihat apabila keefektifan berkurang karena warna yang hilang bila jumlah iodium turun hingga ke tingkat yang tidak efektif. Pada konsentrasi normal senyawa ini tidak bersifat racun tetapi dapat menambah jumlah iodium yang dikonsumsi. Mempunyai sedikit bau dan rasa, tetapi bila dicampur dengan zat yang ada dalam makanan akan mewarnai makanan. Dapat bersifat korosif terhadap logam, tergantung dari formulasinya dan sifat permukaan yang disinfeksi. Oleh karena itu, harus dibilas dengan air setelah penggunaan.

Mekanisme kerja antibakteri dari yodium belum dipelajari secara terinci. Pada umumnya, yodium dan asam dipoyodium merupakan senyawa aktif dalam menghancurkan mikroba. Senyawa yodium utama yang digunakan untuk sanitasi adalah larutan-larutan yodofor alkohol-yodium dan larutan yodium cair. Kedua larutan tersebut umumnya digunakan sebagai desinfektan kulit. Yodofor mempunyai manfaat yang besar untuk pembersihan dan disinfeksi peralatan dan permukaan-permukaan dan sebagai antiseptik kulit. Yodofor juga digunakan dalam penanganan air.

Bila unsur yodium dibuat kompleks dengan senyawa nonionik aktif permukaan seperti kondensat nonilphenol-etilen desida atau suatu carrier seperti polivinilpirolidon, kompleks larut air yang dikenal sebagai yodofor, akan terbentuk. Yodofor, bentuk senyawa yodium yang paling populer saat ini, mempunyai aktifitas bakterisidal yang lebih besar di bawah kondisi asam. Dengan demikian, senyawa-senyawa ini sering dimodifikasi dengan asam fosfat. Yodofor yang dibuat kompleks dengan surfaktan dan asam memberikan sifat-sifat deterjen sehingga kompleks ini mempunyai sifat deterjen-sanitaiser. Senyawa-senyawa ini mempunyai sifat deterjen-sanitaiser. Senyawa-senyawa ini bakterisidal dan bila dibandingkan dengan suspensi air dan alkoholik dari yodium, mempunyai kelarutan yang tinggi; dalam air, tidak berbau dan tidak iritatif terhadap kulit.

Untuk mempersiapkan kompleks surfaktan-yodium, yodium ditambahkan pada surfaktan nonionik dan dipanaskan hingga 55-65 °C untuk memperkuat larutan yodium dan untuk menstabilkan produk akhir. Reaksi eksotermik antara yodium dan surfaktan menghasilkan kenaikan suhu tergantung pada jenis surfaktan dan nisbah surfaktan dengan yodium. Bila kadar yodium tidak melebihi batas melarutkan dari surfaktan, produk akhir akan dapat larut dalam air sempurna.

Perilaku kompleks surfaktan-yodium berdasarkan pada kesetimbangan $R + I_2 \rightleftharpoons R_1 + HIPOKLORIT$, dimana R mewakili surfaktan. Penghilangan iodida yang terbentuk oleh oksida yodium akan bertanggung jawab terhadap sisposisi lebih lanjut dari klorin, yang mungkin disebabkan karena peningkatan yodinasi dari surfaktan.

Jumlah yodium bebas akan menentukan aktifitas yodofor. Surfaktan yang ada tidak menentukan aktifitas yodofor tetapi dapat mempengaruhi sifat-sifat bakterisidal dari yodium. Aktivitas yodofor terhadap beberapa spora bakteri dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 6. Inaktivasi spora-spora bakteri oleh yodofor

Organisme	pH	Konsentrasi (ppm)	Waktu untuk mereduksi 90% (menit)
<i>B. cereus</i>	6.5	50	10
	6.5	25	30
<i>B. subtilis</i>	2.3	25	30
	-	25	5
<i>C. botulinum tipe A</i>	2.8	100	6

Spora-spora lebih tahan terhadap yodium daripada sel-sel vegetatif dan waktu kontak mematikan kira-kira 10-1000 kali lebih lama daripada untuk sel yodium sama efektifnya dalam menginaktivkan sel-sel vegetatif, tetapi yodium tidak seefektif khlorin dalam menginaktivasi spora.

Sanitaiser tipe yodium lebih stabil dengan adanya bahan organik daripada senyawa- senyawa khlorin. Oleh karena kompleks yodium stabil pada pH yang sangat rendah, senyawa ini dapat digunakan pada konsentrasi yang sangat rendah (6.25 ppm) dan digunakan pada 12.5-25 ppm. Sanitaiser yodium lebih efektif

daripada sanitaisier lain terhadap virus. Hanya dibutuhkan 6.25 ppm untuk lolos dari uji Chamber dalam waktu 30 menit. Senyawa- senyawa yodium non selektif dapat mematikan sel-sel vegetatif dan spora-spora seta virus. Sanitaisier yodofor digunakan pada konsentrasi yang direkomendasikan, biasanya 50-70 mg/l yodium bebas dan menghasilkan pH 3 atau kurng dalam air dengan kesadahan alkali sedang. Pengenceran berlebihan dari yodofor dengan air yang sangat alkali dapat sangat mempengaruhi efiseiensiya karena keasamannya dinetralkan.

Dalam bentuk paket, formula yodofor mempunyai masa simpan yang panjang. Akan tetapi, yodium dapat hilang dari larutan dengan penguapan. Susut ini cepat terjadi terutama bila suhu larutan melebihi 50°C karena yodium cenderung untuk menyublim. Yodium dapat diserap oleh benda-benda plastik dan karet dari heat exchanger dengan menyebabkan timbulnya warna. Pewarnaan oleh yodium dapat menguntungkan karena kebanyakan cemaran organik dan mineral akan berwarna kuning, dengan demikian menunjukkan lokasi di mana pembersihan tidak cukup. Warna merah dari larutan yodium memberikan bukti visual adanya sanitasi, tetapi intensitas warna bukan merupakan penunjuk konsentrasi yodium yang handal.

Karena larutan yodofor bersifat asam, larutan ini akan mencegah akumulasi mineral, bila digunakan secara teratur. Deposit mineral tidak dihilangkan dengan aplikasi sanitaisier yodium. Bahan organik (terutama susu) menginaktifkan yodium dalam larutan yodofor dengan memucatkan warna merahnya. Hilangnya yodium dari larutan ringan kecuali bila terdapat cemaran organik dalam jumlah banyak. Oleh karena hilangnya yodium meningkat selama penyimpanan, larutan ini harus diperiksa dan diatur sesuai dengan kekuatan yang dibutuhkan.

Senyawa-senyawa yodium harganya lebih mahal daripada khlorin. Kerugian senyawa-senyawa yodium adalah senyawa ini mudah menguap pada suhu 50°C dan sangat peka terhadap perubahan-perubahan pH. Sanitaisier yodium efektif untuk sanitasi tangan karena senyawa ini tidak mengiritasi kulit. Senyawa-senyawa ini terutama direkomendasi untuk pekerjaan-pekerjaan pencelupan tangan dalam pabrik makanan dan sering digunakan pada peralatan penanganan makanan.

Yodofor terdiri dari campuran yodium dengan surfaktan yang larut (biasanya non ionik, walaupun surfaktan anionik dan kationik dapat digunakan) yang bertindak

sebagai pembawa yodium; yodium ini yang memberikan aktifitas bakterisidal. Oleh karena itu yodoform dapat disebut sebagai sanitiser-sterilizer walaupun daya deterjennya tergantung pada jumlah surfaktan dalam campuran. Bila yodoform digunakan sebagai desinfektan maka surfaktan yang ditambahkan harus lebih banyak untuk meningkatkan daya deterjennya. Walaupun yodoform kurang dipengaruhi oleh perubahan pH daripada QACs, pada prakteknya suatu kompenasam, biasanya asam fosfat, ditambahkan pada yodoform untuk menurunkan pH larutan. Hal ini disebabkan karena yodoform paling aktif dalam kisaran pH 3-5 dan buffer asam fosfat dalam kisaran ini.

Yodoform memberikan efek mematikan dengan cepat terhadap suatu spektrum luas bakteri dan menyerupai hipoklorit dalam hal ini, tetapi senyawa-senyawa ini juga mempertahankan aktivitas yang cukup dengan adanya buangan organik dengan pH tidak lebih dari 4 dan kuantitas limbah tidak berlebihan, tetapi yodoform, lebih kurang aktif terhadap spora-spora daripada hipoklorit.

Yodoform mahal dan oleh karena itu tidak banyak digunakan; tetapi senyawa-senyawa ini tidak korosif, tidak mengiritasi, tidak toksik dan sedikit berbau tetapi harus dibilas dengan baik setelah penggunaan. Beberapa bahan-bahan plastik dapat mengabsorpsi yodium dan menjadi berubah warnanya bila terkena Senyawa-senyawa ini; karet juga cenderung mengabsorpsi yodium sehingga waktu kontak yang lama yodoform harus dihindarkan untuk mencegah kemungkinan pengkaratan pada makanan. Salah satu keuntungan dari yodoform adalah senyawa-senyawa ini tidak dipengaruhi oleh garam-garam air sadah. Stabil dalam bentuk pekat walaupun dengan penyimpanan yang lama pada suhu kamar yang tinggi masih mungkin terjadi kehilangan aktifitas.

Yodoform terutama digunakan dalam industri susu, dimana untuk menambah daya bakterisidalnya, asam fosfat berguna dalam mengatur batu susu (milk stone); yodoform juga digunakan dalam industri bir. Dalam sistem CIP mungkin terbentuk busa sehingga perlu ditambahkan surfaktan dengan pembentukan busa yang mudah/rendah untuk keperluan ini ke dalam formulasinya. Suhu operasi hingga 50°C dapat digunakan dengan konsentrasi yodium bervariasi antara 10 dan 100 ppm.

12. Surfaktan yang Bersifat Amfoter

Disinfektan ini mengandung bahan aktif yang bersifat sebagai detergen dan bakterisida. Bersifat racun lemah, relatif non-korosif, tidak berasa dan berbau, merupakan disinfektan yang efektif bila digunakan sesuai dengan pedoman dari pabriknya. Akan menjadi tidak aktif bila ada zat organik.

Beberapa surfaktan amfoterik terutama adalah deterjen dengan daya bakterisidal lemah. Beberapa turunan inidazolin, yang merupakan bakterisidal yang relatif lebih kuat dan deterjen lebih lemah; contohnya etil Bakterisidal-olesipropinik ionidizol. Senyawa-senyawa ini aktif sebagai bakterisidal bila berada dalam keadaan kationik. Pada umumnya senyawa-senyawa ini lebih mahal daripada desinfektan lain dan tidak merupakan bakterisidal yang kuat, walaupun dapat dicampur dengan QACs untuk meningkatkan efisiensinya. Desinfektan amfoterik tidak begitu dipengaruhi oleh bahan organik atau oleh kesadahan air, tidak korosif, tidak beracun dan tidak berbau dan stabil, bahkan dalam bentuk encer, untuk waktu yang lama. Akan tetapi cenderung membentuk busa dan karena mahal serta aktivitasnya terbatas, desinfektan terbatas, desinfektan amfoterik tidak banyak digunakan dalam industri pangan.

13. Senyawa-Senyawa Fenolik

Banyak senyawa-senyawa fenolik mempunyai daya bakterisidal yang kuat dan banyak digunakan sebagai desinfektan umum. Fenolik tidak digunakan dalam pekerjaan desinfektan pada pabrik makanan karena baunya yang keras dan karena kemungkinan memindahkan off-flavours = cita rasa yang menyimpang pada makanan.

14. Deterjen sterilizer

Deterjen sterilizer secara populer dikenal sebagai deterjen-sanitizer, pada dasarnya merupakan kombinasi bahan-bahan yang dapat bergabung dan saling membantu, mengandung deterjen dan desinfektan, sehingga pembersihan dan desinfektan dapat dilakukan sekaligus dalam satu kali operasi. Tabel 12 menunjukkan berbagai kominasi bahan untuk menghasilkan deterjen sterilizer. Dalam praktek,

formulasi deterjen sterilizer sering mengandung komponen lain seperti sequesteran dan buffer, dan sejumlah surfaktan sering dicampurkan dalam satu formulasi.

Suatu deterjen sterilizer harus efektif terhadap berbagai ragam cemaran dan spektrum mikroba yang luas; harus mungkin menggunakan senyawa dalam berbagai situasi bila penggunaannya ditetapkan berdasarkan nilai ekonomisnya. Pada umumnya deterjen sterilizer agak lebih mahal dan kurang efektif daripada masing-masing bahan secara terpisah tetapi bahan ini dapat digunakan bila pencemaran ringan dan dimana pembersihan pada suhu rendah diinginkan. Di samping itu ada keuntungan lain yaitu dapat menghemat waktu dan lebih mudah bila aplikasi tunggal ini memang cukup memenuhi apa yang diharapkan; hal ini tercermin oleh penggunaan senyawa-senyawa ini yang makin meningkat, yang secara tetap diperbaiki. Satu keuntungan lain adalah bakteri yang berbahaya harus dimatikan bila senyawa ini diterapkan; sedangkan dalam pembersihan konvensional bakteri yang hidup dapat dilepaskan ke dalam limbah deterjen.

Tabel 4. Kombinasi deterjen sterilizer yang umum digunakan.

Deterjen	Desinfektan
Alkali anorganik	+ dipoklorit organik + senyawa-senyawa pelepas klorin + QACs
Asam anorganik	+ surfaktan non ionik + yodofor
surfaktan anionik	+ senyawa-senyawa organik pelepas klorin
surfaktan non ionik	+ QACs + yodofor

H. APLIKASI SANITIZER

Sanitaiser dapat diaplikasikan dengan cara sirkulasi, peredaman, penggunaan sikat, fogging (pembentukan kabut), dan penyemprotan.

Sirkulasi sanitaiser dapat dilakukan dengan memompakan larutan sanitasi. Perhatian khusus harus diberikan pada katup-katup. Bila terjadi penurunan kekuatan sanitaiser hingga sebanyak 50 persen atau lebih, sistem belum bersih benar karena adanya kehilangan akibat interaksi sanitaiser dengan bahan organik.

Alat-alat kecil dan alat-alat makan dan minum disanitasi dengan perendaman selama paling sedikit 2 menit, kemudian ditiriskan. Wadah-wadah yang besar dan terbuka, sanitasinya paling baik dilakukan dengan dibantu sikat. Wadah-wadah tertutup seperti tanki susu, efektif dengan fogging. Untuk tujuan ini, kekuatan larutan sanitaiser umumnya harus dua kali penggunaan biasa dan waktu kontak tidak kurang dari 5 menit. Demikian pula apabila sanitaiser diaplikasikan dengan penyemprotan pada permukaan-permukaan yang luas dan terbuka, kekuatan larutan harus dua kali penggunaan biasa.

Tabel. 5. Rekomendasi perusahaan untuk konsentrasi dan waktu penggunaan sanitaiser

Jenis bahan kimia	Konsentrasi rendam dan sirkulasi (ppm)	“Spray” (ppM)	Kontak	
			Waktu (menit)	°F (°C)
Khlorin :				
Na hipoklorit				
Ca hipoklorit				
Dikhloroisocyanurat	100	1200	1-2	75(40.6)
Kalium dikhloroisocyanurat				
Khloramin T (pH 7.0)	250	400-500	2	
Khloramin T (pH 8.5)	250	400-500	20	
Hidantoin (pH asam)	200	400	2	
Yodium				
“Wetting agents”				
Nonionik ionik + Yodium	12.5	25	2	
Bromin-khlorin	25	75	2	
Anionik asam	200	400	2	

Tabel 6. Rekomendasi umum untuk sanitaiser

Tujuan spesifik	Sanitaiser yang direkomendasikan dengan urutan yang lebih disukai
Jenis mikroba :	
Spora bakteri	Khlorin
Bacteriophage	Khlorin, antionik-asam
Coliform	Hipokhlorit, iodophor
Salmonella	Hipokhlorit, iodophor
Psikotrops Gram (-)	Khlorin
Sel vegetatif Gram (+)	Quat, iodophor, khlorin

Virus	Khlorin, iodophor, anion-asam
Kondisi air	
Air sadah	Anionik-asam, hipokhlorit, iodophor
Air dengan besi	Iodophor
Penanganan air	Hipokhlorit
Ruang/peralatan	
Peralatan alumunium	Iodophor, quat
Udara berkabut (fogging)	Khlorin, iodophor, quat
Sanitasi, tangan	Iodophor
Peralatan pada saat akan digunakan	Iodophor, khlorin
Peralatan yang akan disimpan	Quat
Dinding	Quat, khlorin
Permukaan porous dan putih	Khlorin, quat
Kerja fisik yang diinginkan	
Lapisan bakteriostatik	Quat
Pencegahan pembentukan film	Iodophor, quat
Kontrol bau	Quat
Penetrasi	Iodophor, quat
Film residu	Quat
Kontrol visual	Iodophor
Hubungan ekonomi	
Harga rendah	Khlorin
Korosif	Khlorin
Non-korosif	Quat
Stabilitas	Iodophor, quat, anionik-asam
Stabilitas larutan bekas	Anionik-asam, quat
Stabilitas suhu	Anionik-asam, quat

I. PEMERIKSAAN KEEFEKTIFAN PROSEDUR

Keefektifan prosedur pembersihan dan disinfeksi diperiksa dengan melakukan monitor secara mikrobiologi terhadap produk makanan dan permukaan yang kontak dengan makanan. Monitor secara mikrobiologi terhadap produk pada setiap tahap produksi juga akan memberikan informasi tentang keefektifan prosedur pembersihan dan disinfeksi.

Bila dilakukan sampling untuk monitoring mikrobiologi perlengkapan dan permukaan yang kontak dengan makanan, diperlukan zat penetral untuk menghilangkan sisa disinfektan.

Senyawa chlorine

Chlorine akan membentuk asam hipoklorat (HOCl) pada larutan. HOCl ini akan membasmi mikroba. Pembentukan HOCl tergantung pada pH; pada pH antara 4-5, pembentukan HOCl akan terjadi secara optimal. Jadi bila pH bervariasi, maka efektifitas chlorine sebagai desinfektans tidak mencapai optimum.

Bila pH kurang dari 5, larutan chlorine menjadi korosif. Yang biasa dilakukan di pabrik adalah mempertahankan agar pH larutan pada 6-7.5, di mana larutan tidak korosif tapi masih mempunyai kadar HOCl yang cukup tinggi untuk membasmi kuman.

Natrium dan Calcium Hipoklorit akan meningkatkan pH larutan. Jadi makin tinggi kadar hipoklorit dalam larutan, makin tinggi pHnya. Dengan naiknya pH, efektifitas desinfektan ini akan jauh berkurang, karena kadar HOCl akan berkurang. Bila air pelarut sangat sadah (pH tinggi) ada kemungkinan harus ditambahkan asam dulu, agar efektif. Gas Cl_2 menurunkan pH larutan, oleh karena itu waktu penambahan chlorine harus dikontrol. Soda abu dapat dipakai untuk menetralkan pH, karena soda abu akan meningkatkan pH air.

Tabel 7. Keuntungan dan kerugian beberapa desinfektan.

Desinfektan	Keuntungan	Kerugian
Gas klorin dan hipoklorit	<ul style="list-style-type: none"> • murah • mudah dipakai • residunya mudah diukur • spektrum luas untuk kuman dan sporanya 	<ul style="list-style-type: none"> • korosif bila konsentrasinya tinggi • Iritasi kulit • efektif bila pH <7 • berbau • sisa makanan/kotoran menghambat daya kerjanya
Iodophors	<ul style="list-style-type: none"> • kekuatan desinfektans dapat dilihat dari warnanya, 12 ppm berwarna seperti teh, 25 ppm berwarna seperti air kopi • tidak korosif 	<ul style="list-style-type: none"> • tidak efektif terhadap spora • mahal • memberi warna bila pekat • bereaksi dengan zat tepung memberi warna biru
Quats (Amonium quarterner)	<ul style="list-style-type: none"> • efektif pada pH netral • tidak korosif • tidak berbau • tidak terpengaruh oleh sisa/debu makanan • tidak menimbulkan iritasi • meninggalkan suatu lapisan film yang menghambat per tumbuhan mikroba 	<ul style="list-style-type: none"> • mahal • tidak kompatibel pada animik deterjen • aktivitasnya rendah pada air sadah • kurang efektif untuk spora kuman • perlu <i>dirinse off</i> • memberikan rasa tambahan (<i>off flavour's</i>)

Suhu tinggi akan mengakibatkan evaporasi gas Cl₂ dari larutan dan menurunkan efektifitas larutan. Gas Cl₂ juga dapat mengganggu pernafasaan.

Pada suhu tinggi, hipoklorit dan chloramine lebih stabil daripada gas chlorine dan lebih efektif dalam membasmi kuman; tetapi larutan ini sangat korosif dan menjadi lebih korosif bila suhu meningkat. Jadi direkomendasikan untuk dipakai pada temperatur 20-25°C.

J. SANITASI AIR PENDINGIN KALENG

Air yang digunakan untuk mendinginkan produk makanan kaleng setelah proses termal harus memenuhi persyaratan air minum dan tidak mengandung mikroba patogen atau bakteri pembusuk. Hal ini sangat penting untuk menghindari adanya rekontaminasi bila kaleng ternyata bocor. Food & Drug Administration (USA) membuat peraturan agar air pendingin kaleng diberi klorinase atau desinfektans lain.

Residu dari desinfektans tersebut harus dapat dibuktikan oleh laboratorium, bila diambil contohnya. Klorin dipakai untuk sanitasi air pendingin karena:

1. Klorin sangat efektif membasmi spora bakteri.
2. Residu klorin mudah diukur.
3. Prosedur klorinasi air dengan gas klorin atau Na-hipoklorit adalah mudah dan murah.

Untuk memastikan bahwa benar-benar dilakukan klorinasi, sampel air harus dites akan sisa/residu klorinasinya: dan harus terukur sisa klorin dengan konsentrasi 0.1 ppm. Bila kaleng yang digunakan adalah kaleng dengan ukuran besar, bisa digunakan konsentrasi sampai 0.5 ppm: karena kaleng yang besar mempunyai *double seam* yang besar sehingga memungkinkan terjadinya kebocoran. Konsentrasi klorin lebih dari 2.5 ppm akan menyebabkan korosi dari retort dan korosi pada keleng.