
İçme Sularında Parazit ve Diğer Patojenlere Karşı Dezenfeksiyon Uygulamaları ve Ara Konaklarla Mücadelede Kullanılan Kimyasallar

Yrd. Doç. Dr. Nurittin ARDIÇ

*Gülhane Askeri Tıp Akademisi Haydarpaşa Eğitim Hastanesi,
Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Servisi, İSTANBUL*

İÇME SULARINDA PARAZİT ve DİĞER PATOJENLERE KARŞI DEZENFEKSİYON UYGULAMALARI

Yaşamsal vücut olaylarının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir madde olan su, çeşitli yaş gruplarına göre farklılıklar göstermekle birlikte, vücudumuzun ortalama %70'ini oluşturmaktadır. Suyu; içme suyu olarak kullanmanın yanında, yemek pişirmede, banyoda, atıkları taşımada ve hayatın çeşitli alanlarında kullanırız.

Ancak hayatımızın bu vazgeçilmezi, taşıyabildiği çözünmüş veya çözünmemiş inorganik tuzlar, bakteriler, parazitler, virüsler ve bitkisel maddelerle birçok hastalığın meydana gelmesine de yol açar. Bu nedenle temiz/sade su sağlanması da diğer vazgeçilmez bir durumdur. Hatta biyolojik etmenleri ortadan kaldırmak amacıyla yapılan dezenfeksiyon uygulamalarının kendisi de suyun önemli boyutlarda kimyasal etkilenimine neden olabilmektedir. XXI. yüzyılın en önemli mücadelelerinden birinin dünya nüfusunun artan su ihtiyacını yeterli ve güvenli şekilde karşılamak olduğu görülecektir. Yeryüzünün büyük bir bölümü sularla kaplı olmasına rağmen, sadece %2.5'i tatlı sudur. Söz konusu toplam tatlı su kullanımı içinde gıda ve içecek sanayilerinin (şişelenmiş su dahil) payı sadece %0.18 kadardır.

Yeryüzündeki tüm hastalıkların hemen yarısı sularla ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan halen dünya nüfusunun ~%20'si güvenilir olmayan içme suyu kullanmakta, yılda yaklaşık 200 milyon insan su ile ilişkili hastalıklara yalananmakta ve yılda > 2 milyon kişi kirli sulara bağlı hastalıklar nedeniyle ya-

şamalarını yitirmektedir. Bu durumda suların arıtılması ve dezenfeksiyonu, sağlıklı bir atık hijyeni sağlanması, sağlık ve hijyen konularında eğitim verilmesi su ile bulaşan infeksiyonları çok ciddi boyutlarda azaltacaktır.

1900'lü yıllardan itibaren içme sularının klorlanmaya başlanması ile su kaynaklı bulaşıcı hastalıkların görülme sıklığında önemli derecede azalma meydana gelmiştir. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde tifo vakası sayısı 1900 yılında yaklaşık 25 bin iken, ülke genelinde klorlamanın başlaması ile bu sayı hızla düşmüştür.

Toplum bireylerinin kullanımına sunulan suyun sağlığa zararlı olabilecek hiçbir etkeni bulundurmaması gereklidir. Bu nedenle dengeli mineral dağılımı olan, içerdiği minerallerin miktarı belli sınır değerlerini aşmayan, hastalık yapıcı mikroorganizma içermeyen ve toplam mikroorganizma yükü mümkün olduğunca az olan, fiziksel nitelikleri uygun, güvenli suyun kullanıma sunulması esastır. Su kaynaklarının işlenerek içilmeye hazır hale getirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte, temel prensipler aynıdır. Kullanılacak yöntem belirlenirken suyun kalitesi, bulanıklığı (partikül miktarı), su sıcaklığı, pH düzeyi ve suda bulunan patojen mikroorganizmaların türü dikkate alınmalıdır. Bu nitelikteki suların sağlanmasında yüzeysel sulara uygulanan genel arıtma işleminin aşamaları şu şekilde özetlenebilir:

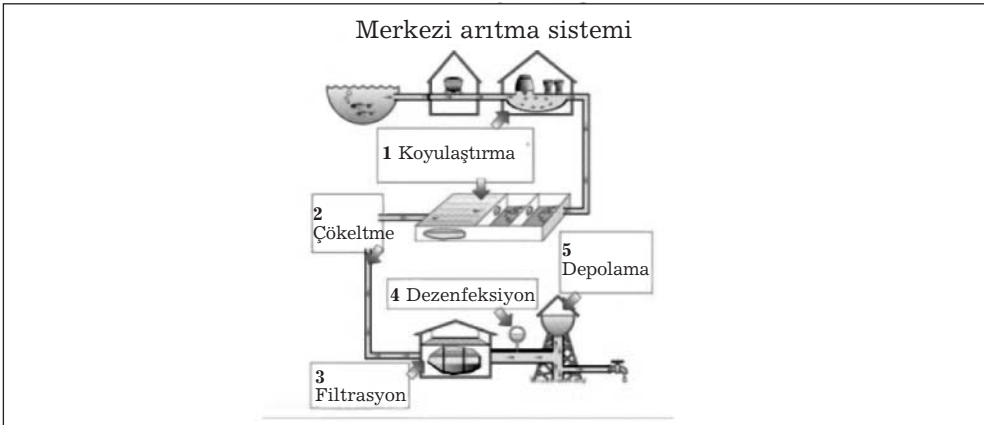
1. Koyulaştırma: Suya şap, demir tuzları ya da sentetik organik polimerler eklenir. Bu kimyasal maddeler su içindeki kir ve diğer parçacıklara yapışarak bunları batacak kadar ağır hale getirirler.

2. Çökeltme: Ağır parçacıklar suyun dibine çökerler.

3. Filtrasyon: Su, kum, çakıl, kömür filtrelerden geçirilerek içindeki en küçük parçacıklardan arındırılır.

4. Dezenfeksiyon: Klor, ozon gibi kimyasallar ya da morötesi ışınlarla suyun içindeki bakteriler ve diğer mikroorganizmalar yok edilir.

5. Depolama: Su, büyük tanklarda bir süre bekletilir. Özelliklerine göre arıtma işleminde suyun yumuşaklığıyla ilgili işlemler de yapılır (Şekil 1).



Şekil 1. Yüzeysel sulara uygulanan genel arıtma işleminin temel aşamaları.

İçme suyu dezenfeksiyonunda kullanılacak yöntemler teknik ve ekonomik olarak su arıtma uygulamalarına uygun olmalıdır. Klor dezenfeksiyonu ve gerektiğinde amonyak ilavesi, diğer yöntemlere göre daha basittir ve işletmeye yönelik gereksinimleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve mekanizmaları tam olarak ortaya konabilmiştir. Klor ve amonyakla dezenfeksiyon işlemi kapasitelerine bakılmaksızın tüm içme suyu arıtma tesislerinde uygulanabilmektedir.

Toplumsal amaçlı içme suyu dezenfeksiyonunda kullanılan başlıca dezenfektanlar şunlardır:

- Klor,
- Klor + amonyak,
- Klor + hipoklorit,
- Klor + klordioksit,
- Klor + klordioksit + amonyak nitrojen,
- Hipoklorit,
- Klor + hipoklorit + amonyak nitrojen,
- Klor + klordioksit + hipoklorit,
- Ozon,
- Ultraviyole (UV) radyasyon.

Tüm bu yöntemlerin birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Olusabılen risklerden biri dezenfeksiyon yan ürünleridir. Ancak yapılan araştırmalarda, dezenfekte edilmemiş bir içme suyunda bulunabilecek patojen mikroorganizmaların, dezenfekte edilmiş sulardaki dezenfeksiyon yan ürünlerine göre en az 100-1000 kat fazla tehdit oluşturacağı vurgulanmıştır. Bu nedenle suların dezenfeksiyonu vazgeçilmez bir ihtiyaçtır.

Su ile bağlantılı hastalıklar, bulaşma yollarına göre dört grupta incelenebilir:

1. Sulardan kaynaklanan hastalıklar,
2. Su yokluğundan kaynaklanan hastalıklar,
3. Suda yaşayan canlılarla bulaşan hastalıklar,
4. Sularla bağlantılı vektörlerle bulaşan hastalıklar.

Gelişmiş ülkelerde gastrointestinal hastalıkların insidansında önemli ölçüde azalma görülmüştür. Suyun klorlanması bakteriyel patojenlerin çoğunu elimine etmede etkin rol oynamıştır. Diğer taraftan günümüzdeki tüm teknolojik gelişmelere karşın, suyla geçen hastalıklar halen devam etmektedir. Bunlardan bazıları özellikle son yıllarda daha önemli hale gelmiş veya gelmektedir. Suy-la geçen patojenlerin ortaya çıkışında birtakım faktörler etkili olmaktadır.

Tablo 1. Su ile geçebilecek potansiyel patojenler.		
Bakteriler	Protozoalar	Virüsler
<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Giardia lamblia</i>	Norwalk ve Norwalk-like
<i>Shigella</i>	<i>Naegleria fowleri</i>	Rotavirüs
<i>Campylobacter</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	Hepatit A ve E
<i>Francisella tularensis</i>	<i>Isospora belli</i>	
<i>Aeromonas</i>	<i>Toxoplasma gondii</i>	
<i>Legionella pneumophila</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	
<i>Salmonella</i>	<i>Acanthamoeba</i>	
Toxigenic <i>Escherichia coli</i>	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	
<i>Leptospira</i>	<i>Ballantidium coli</i>	
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Microsporidia	
<i>Helicobacter pylori</i>		
<i>Mycobacterium avium</i>		

Bunlar:

- Patojenlere duyarlı kişilerin sayısında artış,
- Ticaret ve seyahatin yaygınlaşması,
- Patojenlerin saptanmasında teknolojik gelişmeler,
- İçme sularının işlenmesinde teknolojik değişimler,
- Gıda üretiminde ortaya çıkan değişimler,
- Genetik reassortment.

Bazı mikroorganizmalar ise dezenfeksiyon işlemine karşı gösterdikleri dirençten dolayı, suyla geçen potansiyel patojen olarak ortaya çıkmaktadır. Bu mikroorganizmaların dirençli olmalarını sağlayan başlıca faktörler ise şu şekilde sıralanabilir:

Tablo 2. ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından içme sularında risk oluşturabileceği öngörülen mikroorganizmalar.	
<i>Acanthamoeba</i>	<i>Cyanobacteria</i>
<i>Adenoviruses</i>	<i>Echoviruses</i>
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Helicobacter pylori</i>
<i>Caliciviruses</i>	<i>Microsporidia</i>
<i>Coxsackieviruses</i>	<i>Mycobacterium avium-intracellulare</i>

* Özellikle *Mycobacterium avium*, *Microsporidia* ve adenovirüs, rutin su arıtma ve dezenfeksiyon işlemlerine en dirençli olanlardır.

- Bal mumu yapısındaki hücre duvarı,
- Kalın koruyucu dirençli evresi (ookist, kist, spor gibi),
- Çift zincirli DNA virüsleri,
- Küçük genomik yapı,
- Düşük izoelektrik nokta,
- Düşük hidrofobisite,
- Küçük boyut,
- Kümeleşme faktörü,
- Organik materyallerle etkileşebilme yetenekleri.

İçme sularının dışkı veya toprakla kontaminasyonu sonucunda paraziter hastalıklar için kaynak teşkil etmesi mümkündür. Nitekim paraziter etkenler, gelişmiş ülkelerde bile halen sorun patojenler olmaya devam etmektedir. Bunun en önemli nedeni, bu etkenlerin içme ve kullanma sularına uygulanan klorlama işlemine karşı dirençli olmalarıdır. Bunun sonucunda, uygulanan dezenfeksiyon işlemlerine bağlı olarak ortamda biriken dezenfektan konsantrasyonuna bağlı riskler de ortaya çıkmaktadır.

Su, parazitik hastalıklar için önemli bir geçiş kaynağıdır. Herşeyden önce kontamine suyu dezenfekte etmekten, güvenli suyu korumak ve kullanmak daha önemlidir. Filtrasyon ve diğer işlemler bakterileri %95-99.5 oranında temizler. Normal derişimlerde yapılan dezenfeksiyon işlemlerinde amip kistleri, helmint yumurtaları (parazit yumurtalarının bir bölümü) bakteri sporları, tüberküloz basilleri, bazı virüsler etkilenmez. Paraziter infeksiyonların geçişinin önlenmesi ve daha güvenli bir su temini için suyla geçen diğer patojenlere karşı uygulanan önlemlere ilave uygulamaların da yapılması gereklidir.

Tarihsel olarak dezenfeksiyon işlemi açısından üzerinde durulan parazitlerin başında *Shistosoma* türleri, *Dracunculus medinensis*, enterik amipler (*Entamoeba histolytica*), *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba* türleri sayılabilir.

Son dekadlarda ise *Giardia* ve *Cryptosporidium* suyla geçen önemli paraziter patojenler haline gelmiştir. Bunu başlıca üç sebebe bağlayabiliriz:

1. Düşük dozda infeksiyon yapabilmeleri,
2. Kistlerinin ortamda kirlilik oluşturabilecek yoğunlukta çevre ortamında bulunuyor olması,
3. Kistlerinin küçük yapıda olmasına bağlı penetrasyon güçlerinin iyi olması ve su dezenfeksiyonunda kullanılan dezenfektanlara duyarlılığının az olması.

İçme-kullanma sularının dezenfeksiyonunda klor kullanılması halinde uç noktalardan alınan numunelerde serbest bakiye klor miktarı en fazla 0.5 mg/L olmalıdır. Bu miktardaki klor seviyesinin 30 dakika süreyle uygulanması, rutin dezenfeksiyon işlemlerinde yeterli kabul edilmektedir. Ancak, klorun suyun içindeki

birtakım organik maddelerle birleşerek, insan sağlığına zararlı kanserojen kimyasal bileşiklerin (trihalometan, kloroform vb.) oluşumuna sebebiyet verdiği bilinmektedir. Klor kullanımı kontrolsüz yapıldığı takdirde bu tip kimyasalların oluşumu mümkündür. Bu sebepten dolayı, suyun dezenfeksiyonu amacıyla değişik kimyasalların kullanımı da her geçen gün artmaktadır.

Bir patojenin sulardan uzaklaştırılmasında kimyasal ajanın etkinliğini ifade etmek ve diğer kimyasallarla karşılaştırarak standardizasyonu sağlamak için T (süre: dakika), C (dezenfektanın konsantrasyonu: mg/L) ve CT (mg-dakika/L) terimleri kullanılmıştır. CT, dezenfeksiyon kinetiğini ifade etmede zorlukları olsa da ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından oldukça benimsenmiştir. Denenen dezenfektanın etkinliğini ortaya koymak için uzaklaştırılan protozoanın azalan miktarı yüzde (%99 gibi) veya logaritmik (\log_{10}) ölçütlerle ifade edilir. 4-logaritmik bir inaktivasyon, yaklaşık %99.99'a eşittir.

Cryptosporidium ookist ve *Giardia* kistleri gibi parazitler etkenlerin ortamdaki uzaklaştırılmasında kimyasal koagülasyon-flokülasyon, sedimentasyon, filtrasyon gibi çoklu bariyer yöntemleri kullanılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal işlemlerin uygulanması *Cryptosporidium* ookist ve *Giardia* kistlerinde 4-logaritmik bir inaktivasyon sağlayabilmektedir. Ancak küçük toplumlarda bu işlemleri uygulamak pratik olmadığı gibi, klorlama işlemi de tek başına yetersiz kalmaktadır. Partikül kontrolü basit fakat etkin yavaş kum filtrasyonu veya teknoloji gerektiren ultrafiltrasyon veya mikrofiltrasyonla sağlanabilir.

40 mg-min/L ve 740 mg-min/L CT değerlerinde (pH= 7, 20°C) serbest klor ve kloramin *Giardia* üzerinde 2 log-unit inaktivasyon sağlamaktadır. Ozon da etkili olan diğer kimyasal bir ajandır. Beş dakikalık temas süresi ve 0.5 mg/L ozon rezidüsü durumunda (CT: 2.5 mg-min/L) 2 log-unitten daha fazla inaktivasyon sağlanmaktadır. 5 mg-min/L CT değerindeki klordioksitin de *Giardia* kistlerinde 2 log-unitten daha fazla inaktivasyon sağladığı gözlenmiştir.

Son yıllarda, *Cryptosporidium* ookistlerinin kimyasal inaktivasyonunda da önemli gelişmeler sağlanmıştır. Ozon hem *Giardia*, hem de *Cryptosporidium* üzerine oldukça etkin bulunmuştur. Ozondan sonra ise etkinlik gücü açısından klordioksitin gelir ve ozonla kombinasyonu durumunda birtakım avantajlara sahiptir.

Serbest kloru takiben monokloramin kullanılması da *Cryptosporidium parvum* inaktivasyonunda belirgin bir azalma sağlar. Birden fazla oksidan kullanılması durumunda *Giardia* için de benzer durum söz konusudur. Dridger ve arkadaşları, yalnızca monokloraminle dezenfeksiyonda elde edilen inaktivasyon oranıyla kıyaslandığında, ozon ile ön işlem gören suların daha sonra monokloraminle muamelesi sonucu inaktivasyon oranının 20°C'de 5 kat ve 1°C'de 22 kat daha hızlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Son zamanlarda suların UV ile işlenmesi, canlı *C. parvum* ookistlerini içeren su kaynaklarının dezenfeksiyonu için en popüler yöntem olarak görülmektedir. Ozonla ya da diğer dezenfeksiyon işlemleriyle ilgili olarak duyulan sağlık kaygı-

ları, ookistleri inaktive etmede UV ışınlama tekniğinin ön plana çıkmasına yol açmıştır. Nitekim Craik ve arkadaşları, yaklaşık 10 ve 25 mL/cm² dozlarında UV ışınlamanın sırasıyla 2 ve 3 log ünitelik ookist inaktivasyonuna yol açtığını ortaya koymuşlardır.

Ookistlerin canlılığı üzerinde ısının etkisini belirlemek üzere de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Harp ve arkadaşları, suların ve sütün pastörizasyonunun (71.7°C'de yalnızca beş saniye) ookistlerin infeksiyon oluşturma kabiliyetini kaybetmeleri için yeterli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tüm bu gelişmelere karşın, suyla geçen parazitlerin kontrolünde kimyasal dezenfektan kullanılması konusunda ortaya çıkarılması gerekli çok şey vardır. Ozon ve klordioksit gibi daha yüksek potense sahip kimyasalların daha yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Küçük sistemlerin, düşük mikrobiyal riskli su üretimi için yavaş kum filtrasyonu ve membran teknolojilerine göre daha gelişmiş teknolojiye ihtiyacı olacaktır.

HASTANE ORTAMINDA SU

Hastanelerdeki su sistemlerinin potansiyel olarak patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonuna sık rastlanmaktadır. En yaygın olarak rastlananlar arasında *Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa* ve bazı mikobakteriler sayılabilir. *Aspergillus* hastane su sistemlerinde huzuru kaçırabilecek küf olarak gündemde yer almaktadır. *C. parvum* gibi suyla geçen birtakım parazitlerin patojenitesi oldukça net olarak ortaya konmuştur. Diğer taraftan *Acanthamoeba* gibi bazı parazitler ise sadece patojen olmakla kalmaz, aynı zamanda *L. pneumophila* gibi bakteriyel patojenlerin dezenfeksiyon işlemine kullanılan kimyasal ajan ve diğer etkenlere karşı korumacılığı yapar.

Musluk, duş, buz makineleri gibi ortamlarda bulunabilecek potansiyel patojenler özellikle hastane ortamındaki immünsüpre hastalar için risk oluşturmaktadır. Bu durumlarda yapılan filtrasyon işlemi infeksiyon riskini azaltmanın yanı sıra, sistemik su dezenfeksiyon işleminin de tamamlayıcı bir parçası olarak işlev görür. Bu aşamada uygulanan filtrasyon aynı zamanda su sisteminde biyofilmle- rin oluşumunun önlenmesine de katkıda bulunur. Hastanelerin suları genelde şebeke suyundan sağlandığı için, boru ve tanklarda oluşan biyofilmler kullanım noktasına kadar ulaşabilmektedir. Sonuçta suyun içme, duş alma gibi amaçlarla kullanılmasıyla veya buralardan tıbbi aletlere bulaşmış olan patojenlerle hastanın teması kaçınılmaz olmaktadır.

Su sistemiyle ilişkili bakteriler arasında özellikle *L. pneumophila*, *Pseudomonas* spp. (özellikle *P. aeruginosa*), *Stenotrophomonas maltophilia*, *Aeromonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Flavobacterium* spp., *Serratia* spp., *Mycobacterium* türleri sayılabilir. Mantarlar arasında *Aspergillus* spp. önem arz etmektedir. Yine hastane su sistemi ile ilişkili toksoplazmoz salgınları, bazı viral ajanlar da rapor edilmiştir.

Hastane ortamında suyun kontaminasyonuna katkı sağlayan bazı faktörler vardır:

- Dağıtım sisteminin değişik noktaları arasındaki suyun ısısı,
- Biyofilm oluşumu (özellikle son noktada),
- Dezenfeksiyon işlemlerinde yetersizlik,
- Sistemde biriken tortu, çamur gibi oluşumlar.

Isıtma ve fişkırtma yöntemleri pahalı, potansiyel olarak tehlikelidir ve su sistemine zarar verebilir. Klor, klordioksit, ozon, hidrojen peroksit gibi dezenfektanların düzenli aralıklarla kullanılması etkili olabilir, fakat su sistemine zarar verebilir. Yine *Cryptosporidium*, amip gibi klora dirençli mikroorganizmaların olması, klorun organik maddeler tarafından absorbe edilebilmesi dezavantajlarıdır.

UV lambalarının kullanılması pahalı, yüksek su akımında ve organik atık varlığında etkinliği azalan bir sistemdir.

Bu durumda dezenfeksiyonda kullanılacak yöntemin seçiminde sistemin özelliği, mevsim vs. göz önüne alınmalıdır. 0.2 µm'lik filtrelerin musluk ve duş uçlarına takılması oldukça etkin bir koruma sağlamaktadır.

İmmüdüşkün hastalar (uç yaşlar, hamile, AIDS, kemoterapi alan vs.) özellikle *Cryptosporidium* spp. gibi protozoal hastalıklar için daha fazla risk altındadır. Bu kişilerin suyun kaynatılarak içilmesi, şişe suyu kullanma, göl ve nehirlerde yüzmekten kaçınma gibi özel önlemler almaları gerekir.

Zaman içerisinde önem kazanan patojenler değişmektedir. Yarın hangi mikroorganizmanın sorun oluşturacağını şimdiden kestirmek mümkün olmayabilir. Bu nedenle suyla geçen hastalıkların ve salgınların sürveyansı da önem arz eder.

ARA KONAKLARLA MÜCADELEDE KULLANILAN KİMYASALLAR

Yaşam döngülerinde seksüel çoğalma bulunan parazitlerin larval veya aseksüel yol ile çoğaldıkları konaklarına "ara konak" denir. Bir çeşit biyolojik vektör olan ara konaklarda parazit larva veya erişkin hale gelmemiş şekilleri bulunur.

Biyolojik vektörler infeksiyon ajanını, infekte kişi ya da hayvandan sokma sırasında alırlar. Daha sonra infeksiyon ajanı artropod vücudunda bir çoğalma/gelişme dönemi geçirir. Bu dönem sonunda infekte artropod sağlıklı bir kişiyi soktuğunda infeksiyon ajanının vücuda girişi sağlanır. Dişi anofel *Plasmodium* türlerini, tatarcık *Leishmania* türlerini ve tatarcık humması, çeçe sineği *Trypanosoma* türlerini, sivrisinekler arbovirüsleri ve *Wuchereria bancrofti*'yi, fare piresi *Yersinia pestis* ve endemik tifüs etkenini, insan biti *Rickettsia prowazeki*'yi, kene *Borrelia burgdorferi*'yi nakleler.

Bu şekilde vektörlerle geçen hastalıkların, genel infeksiyon hastalıklarının %17'sini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bu hastalıkların önlenmesinde vektör kontrolü önemli bir yer tutar. Vektör kontrolünde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

1. Mekanik: Bataklıkların kurutulması, kanalizasyon sisteminin düzenlenmesi gibi vektörün yaşama alanlarını engellemeye yönelik işlemlerdir.

2. Fiziksel: Durgun suların petrol yağları ile kaplanması, radyasyonla erkek sivrisineklerin steril edilmesi gibi yöntemleri kapsar.

3. Biyolojik: Sivrisinek larvaları ile beslenen balık veya kuş yetiştirme gibi yöntemlerle yapılır.

4. Kimyasal: Hastalık etkenine vektörlük yapan artropotlar için toksik olan kimyasal ajanların kullanılması ile yapılır. Başlıcaları:

- a. İnsektisitler,
- b. Rodentisitler,
- c. Repellantlar,
- d. Mollusisitler.

İnsektisitler

Böceklerle mücadelede dört temel insektisit grubu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunları, organoklorinler, piretroidler, organofosfatlar ve karbamatlar olarak gruplandırabiliriz.

İnsektisitlerin çoğunun böcek türlerine yönelik seçkin insektisidal etkileri, başlıca hedefleri konumundaki sinir sistemine yönelik toksisitelerinden kaynaklanır. Ağızdan veya deriden temasla alınması bu açıdan fark etmez.

Organoklorin grubu insektisitlerin birinci derecede etki yerleri sinir sistemidir. Ca-Mg ATP'azları da inhibe edebilirler. DDT, dieldrin, aldrin, lindan gibi insektisitler bu gruba dahil edilebilir.

Piretroid grubu insektisitler, Tip-I (permetrin, tetrametrin, piretrinler vb.) ve Tip II (sipermetrin, deltametrin vb.) olmak üzere iki gruba ayrılır. Tip I piretroidler tipik olarak sinirsel boşalıklarda kendini gösteren ve yere serici etkinliği ısıyla ters ilişkili olan sinirsel eksitasyonlara yol açarlar. Tip I piretroidler DDT'ye benzer biçimde insektisidal etki oluştururlar. Tip II piretroidler ısı ile orantılı olarak öldürücü ve sinirsel iletimi engelleyici yönde etki yaparlar. Tip I piretroidler Ca-ATP'azı Tip II pretroidlerden daha etkin bir şekilde inhibe ederler.

Organofosfatlı insektisitlerin en dikkat çekici özelliği, hedef enzim niteliğindeki kolinesteraz enzimi ile yapısal bütünleşme konumunda olmalarıdır. Aslında organik fosforlu insektisitler kolinesteraz enziminin doğal substratı konumundaki asetil kolini taklit ederler. Malathion, parathion, diklorvas, diazinon organofosfatlı insektisitlerdendir.

Karbamat grubu insektisitler organofosfatlara benzer, ancak onlardan iki yönüyle farklılık gösterirler. Birinci farkı, kolin esteraz enziminin anyonik yanı ile kompleks oluşturabilen kuarternler veya bazik nitelikli bir azot grubuna sahip olmasıdır. Oysa organofosfatlı insektisitler hiçbir şekilde bazik pH'lı olamazlar, bu

durumda iyonize olabilecekleri için böceklerin kütikülasına ve sinirlerin kılıfına geçiş yetenekleri önemli derecede azalır. Karbamat grubu insektisitler ve organofosfatlı bileşikler arasındaki ikinci önemli fark, karbamat insektisitlerin kolines-teraz inhibisyonu esasına dayanan etkilerinin belirgin derecede dönüşümlü olmasıdır. Karbamat grubu insektisitlere karbaril ve karbafuran örnek verilebilir.

Insektisitlerin önemli özelliklerinden biri, insan ve diğer hayvanlar için toksik etkilerinin olması, diğeri ise yaygın kullanımı sonucunda böceklerin adaptasyon göstererek bu insektisitlere direnç kazanmalarına sebep olmasıdır. Direnç ortaya çıkmasında başlıca etkin mekanizmalar; ilacın haşerenin vücuduna girememesi, haşerenin hedef bölgesinin dayanıklılığı, enzim yolu ile ilacın etkisinin yok olması.

Alternatif çözüm yöntemlerinde gelişmeler de olmasına karşın, vektör kontrolünde ve vektörle geçen hastalıkların önlenmesinde kimyasal yöntemler hayati role sahiptir.

Kimyasal mücadelede kullanılan diğer bir yöntem, seks feromonlarının kullanılmasıdır. Feromon bir böcek türünün, kendi bireyleri arasında haberleşmelerinde kullandıkları kokudur. Çiftleşmeye hazır bir dişi böceğin salgılamış olduğu kokuyu (seks feromonu) duyan erkek böcek, kokunun izini takip ederek dişiye ulaşır. Laboratuvar ortamında sentez edilen ve böceklerin salgıladığı kokunun kopyası olan feromonlar dispenser denilen ve kokuyu atmosfere yayan maddelere emdirilir ve uygulanır.

Bakteri toksinleri, larvasit olarak kullanılır. Bu amaçla *Bacillus thuringiensis* ve *Bacillus sphearicus* kullanılmaktadır. Bu bakteriler canlı olarak kullanılmak yerine, toksin (zehir) içeren sporları fermentasyon yolu ile üretilip ayrılmakta ve çeşitli formülasyonlar halinde hazırlanarak kimyasal insektisitler gibi kullanılmaktadır. Biyoinspektisit denilen bu formülasyonlar toz, granül veya solüsyon şeklinde olabilir. Hedef olan canlı sivrisinek larvası bakteri sporlarını besin gibi yiyerek birkaç saat içinde mide kanamasından ölür.

Son zamanlarda daha yaygın olarak kullanılmaya başlanan diğer kimyasal madde de, büyüme hormonu düzenleyicileri [insect growth regulators (IGR)]'dir. Başlıca juvenil hormon analogları (methoprene, pyriproxyfen) ve kitin sentez inhibitörleri (diflubenzuron, triflumuron, novaluron) olarak iki gruba ayrılır. Juvenil hormon analogları sivrisinek larvasının gelişimi ve değişimini (metamorfoz) sağlayan gençlik (juvenil) hormonu yerine geçerek böceğin büyümesini, ancak bir evreden diğerine geçişte gömlek değiştirememesini, böylece ölmesini sağlar. Kitin sentez inhibitörleri kütikül oluşumunu inhibe eder, böylece sivrisinek larvalarının dış ortama karşı dayanıklılığını azaltır. IGR özellikle sivrisinek vektörlere karşı yaygın olarak kullanılmıştır.

Insektisitler, kullanıldıkları sivrisinek gelişim evresine göre adultisit ve larvasit gibi isimlerle de anılırlar ise de, özde değişen bir şey yoktur. Tek farklılık, bunların kullanıldığı evre ve preparat şekli ve kullanılma biçimidir.

Ergin sinek savaşı/adultisit kullanma: Adından da anlaşılacağı gibi, insektisitlerin ergin/uçkun sineğe karşı kullanılmasıdır. Çok çeşitli kullanım biçimleri var ise de, en çok başvurulan yöntem kalıcı ev içi püskürtme ve açık veya kapalı alan sislemesidir. Kalıcı ev içi püskürtmenin esasını; kimyasalın binaların iç yüzeylerine püskürtülmesi oluşturur. Ev içi püskürtme denmesi de buradan gelir.

Alan sislemesinin esasını ise; insektisit havaya zerrecikler halinde püskürtülmesi oluşturur. Mazotta eritilmiş ensektisitlerle yapılan biçimine “sıcak sisleme”, suda eritilmiş ensektisitlerle yapılan biçimine ise “soğuk sisleme” denir. Etkililiği açısından, iki uygulamanın birbirinden farkı yoktur.

Larva savaşı/karvasit kullanma: Larvaların duyarlılık durumuna göre seçilen kimyasalın, su yüzeyinin özelliklerine göre seçilen formülasyonlarının su yüzeyine püskürtülmesi şeklinde yapılır. Mazot ya da diğer petrol ürünleri atılmamalıdır.

Insektisitlerin içindeki aktif madde nadiren saf halde bulunur. Aktif madde genellikle başka maddelerle karıştırılarak kullanılır. Kuru formülasyonlar toz, granül, ıslanabilir toz, eriyebilir toz veya yem şeklinde; sıvı formülasyonlar ise konsantre emülsiyon, solüsyon, aerosol şeklinde olabilir. Ayrıca formülasyonlara taşıyıcı inert madde, çözücü (solvent) ve seyreltici maddeler de eklenir.

Rodentisitler

Fare, sıçan ve diğer kemiricileri kontrol etmek için kullanılan biyosidal ürünlerdir. Rodent mücadelesinde uzun yıllardan beri farklı özelliğe sahip çeşitli kimyasal preparatlar kullanılmaktadır. Bunlar etkiye tarzı açısından iki ana gruba ayrılır:

1. Çabuk etkili rodentisitler (alphachloralose, fluoroacetamide, norbormide, thallium sulphate, zinc phosphate, calciferol),

2. Yavaş etkili rodentisitler (1. nesil : Warfarin, chlorophacinone, diphacinone, coumateteryl) (2. nesil: Difenocoum, bromadiolone, flocoumafen, brodifaceum).

Çabuk etkili rodentisit olarak yeme %1-3 çinko fosfat, %2-3 antikoagülan gibi rodentisitler konabilir. Böyle hazırlanmış zehirli yemlerin öldürücü süresi iki dakikadan iki saate kadardır. Zehir alan fare popülasyonunda büyük panik yaratırlar ve zehiri anlayan farelerde bu cins zehirli yerlere çekingenlik yaratır.

Yavaş etkili rodentisitleri genel olarak antikoagülanlar temsil eder. Warfarin, difenakum, bromadilen örnek gösterilebilir.

Rodentisitler; gıda maddelerine karıştırılarak, toz halinde sıvı üzerine serpilerek, toz halinde doldurucu başka bir madde ile yer üzerine püskürtülerek veya gazlama (fumigasyon) yolu ile uygulanır.

Repellentler (Kaçırıcılar)

İnsekt veya rodentleri uzaklaştırmak amacıyla deri veya elbise üzerine sürülen maddelerdir. Yaygın olarak kullanılan insekt repellentleri arasında DEET, citro-

nella, picaridin sayılabilir. Permetrin gibi bazı insekt repellentleri, aynı zamanda insektisit etkilidir.

Repellentler sıvı, losyon, krem, köpük gibi formülasyonlarda bulunmaktadır.

Mollusisit

Sümüklü böcek gibi, helmintlere ara konaklık yapan yumuşakçaları kontrol etmek için kullanılan biyosidal ürünlerdir. Toksisiteleri, maliyetleri ve diğer bazı özellikleri nedeniyle eskiden kullanılan bazı mollusisitler Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilmemektedir. Şu anda mollusisit olarak kullanılan tek kimyasal, niklozamiddir.

KAYNAKLAR

1. Alten B, Çağlar SS. Vektör Ekolojisi ve Mücadelesi, Sıtma Vektörünün BiyoeKOlojisi Mücadele Organizasyonu ve Yöntemleri. 1 Baskı. T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Proje Genel Md. ve Sıtma Savaş Daire Bşk., Ankara, 1998.
2. Angelbeck JA, Ortolano GA, Canonica FP, Cervia JS. A source of concern for infections: Hospital water. *Managing Infection Control* 2006;44-54.
3. Ay G. Sıtma. 2003.
4. Betancourt WQ, Rose JB. Drinking water treatment processes for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Vet Parasitol* 2004;126:219-34.
5. BTĐ Araştırma ve Yazı Grubu. Yeni ufuklar: Su. *Bilim ve Teknik Dergisi*, Kasım 2005 Eki.
6. *Cryptosporidium*. Public Health Information Factsheet. Public Health Program 1201 Eye Street, NW Room 52 Washington, DC 2005.
7. Çakır Ş, Yamanel Ş. Böceklerde insektisidlere direnç. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi*, 2005;6:21-9.
8. Çetinkaya F. *Cryptosporidium parvum*'un bulaşmasında su ve gıdaların rolü. *Uludağ Univ J Fac Vet Med* 2004;23:103-9.
9. Erickson MC. Inactivation of protozoan parasites in food, water, and environmental systems. *J Food Protect* 2006;69:2786-808.
10. Ford TE, Kenzie WRM. How safe is our drinking water? Despite technologic advances, waterborne disease is still a threat. *Postgraduate Medicine* 2000:108.
11. *Giardia*. Public Health Information Factsheet. Public Health Program 1201 Eye Street, NW Room 52 Washington, DC 2005.
12. Gopal K, Tripathy SS, Bersillon JL, Dubey SP. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. *J Hazardous Materials* 2007;140:1-6.
13. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Su kalitesi. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*. No: 43. 1. Baskı. Ankara: 1997.
14. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Su kirliliği. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*. No: 12. 1. Baskı. Ankara: Aydoğdu Ofset, 1994.
15. Havelaar AH, De Hollander AEM, Teunis PFM, et al. Balancing the risks and benefits of drinking water disinfection: Disability adjusted life-years on the scale. *Environ Health Perspect* 2000;108:315-21.
16. Heukelbach J, Meyer-Cirke V, Moura RCS, et al. Waterborne *Toxoplasmosis*-Northeastern Brazil. *EID* 2007:13.

17. Irmak H. Sularla İlişkili Hastalıklar. 1. Baskı. Ankara: Sinem Matbaacılık, 2006.
18. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, Tarih: 17.02.2005 Sayı: 25730.
19. Lacarini CJ, Reed RA. Emergency vector control using chemicals. Water, Engineering and Development Center (WEDC). 2nd ed. Loughborough University, 2004.
20. Leclerc H, Schwartzbrod L, Dei-Cas E. Microbial agents associated with waterborne diseases. *Critical Reviews in Microbiology* 2002;28:371-409.
21. Nwachcuku N, Gerba CP. Emerging waterborne pathogens: Can we kill them all? *Current Opinion in Biotechnology* 2004;15:175-80.
22. Oğur R, Güler Ç. 21.nci yüzyılda niçin klorlama? *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni* 2004; 3:186-95.
23. *Pesticides and Their Application: For the Control of Vectors and Pest of Public Health Importance*. 6th ed. WHO, 2006.
24. Szewzyk U, Szewzyk R, Manz W, Schleifer KH. Microbiological safety of drinking water. *Annu Rev Microbiol* 2000;54:81-127.
25. Tünger A, Çavuşoğlu C, Korkmaz M. *Asya Mikrobiyoloji*. 4. Baskı. İzmir: Asya Tıp Kitabevi, 2005.
26. Usluer G. Su ile bulaşan enfeksiyonlar. *Ankem Derg* 2004;18(Ek 2):17-20.