

İstanbul içme sularının bakteriyolojik yönden incelenmesi: Aeromonas sorunu

Bacteriological investigation of drinking water in İstanbul: Problem of Aeromonas

Fatma Köksal¹, Nalan Oğuzkurt², Mustafa Samast¹.

¹İ.Ü.Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı İstanbul. ²İSKİ Feriköy Temiz Su Mikrobiyoloji Laboratuvarı

İletişim / Correspondence: Fatma Köksal Adres / Address: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji AD İstanbul

ÖZET

Tüm dünyada içme suyu tüketimi ile ilişkili akut gastrointestinal hastalıklar hala önemli bir sağlık sorunudur. Bu çalışmada İstanbul'un içme suyu kaynaklarını, arıtma işlemlerini ve şebeke suları indikatör ve patojen bakteri açısından değerlendirilmiştir. Ekim 2002-Nisan 2006 tarihleri arasında 134 ham su örneği, arıtma tesisleri (Ömerli, Emirli, Elmalı, Kağıthane, İkitelli, B.çekmece) genel çıkış sularından 446 örnek ve şebeke sularından 1657 örnek olmak üzere toplam 2237 su örneği toplanmıştır. Bu örneklerde dışkı kaynaklı *E. coli* ve koliform bakterilerin yanısıra enteropatogenik *E. coli* (EPEC), *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio*, *Yersinia enterocolytica*, *Campylobacter*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* ve *Plesiomonas* araştırılmıştır. Sonuçlar Türk Standardı (TS 266) (İnsani Tüketim Amaçlı Sular)'ya göre değerlendirilmiştir. Ham suların tamamında (%100) koliform bakteri ve %46'sında dışkı kaynaklı *E. coli* tespit edilmiştir. Bu sulara ayrıca *Aeromonas* %97, *Pseudomonas* %67, *Vibrio* %8, *Plesiomonas* %5, *Yersinia* %1 ve *Shigella* %1 oranlarında bulunmuştur. Arıtma tesisi genel çıkış sularıyla şebeke sularında sırasıyla koliform bakteri %4 ve %5, dışkı kaynaklı *E. coli* %1 ve %2, *Aeromonas* %16 ve %23, *Pseudomonas* %10 ve %14 oranlarında saptanmıştır. Arıtma tesisleri genel çıkış ve şebeke sularında EPEC, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Vibrio* ve *Plesiomonas* bulunmamıştır. Sonuç olarak İstanbul'un ham su örneklerinin tamamı kirli olmasına karşılık şebeke suyu örneklerinin %95'inin TS 266'ya uygun olduğu görülmüştür. Arıtma işlemlerinin bakteriyolojik açıdan genel olarak etkili olduğu, fakat insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturan *Aeromonas*lar bakımından yetersiz kaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstanbul içme suyu kalitesi, patojen bakteri, fekal koliform, arıtma işlemleri

ABSTRACT

The primary concern is still acute gastrointestinal disease associated with the consumption of drinking water in the world. In this study, we evaluated the performance of water treatment works and the drinking water samples in terms of indicator and pathogenic bacteria in İstanbul. Between October 2002 and April 2006, we collected a total of 2237 water samples derived from 134 raw water samples, 446 mains distribution samples from Omerli, Emirli, Elmali, Kagithane, Ikitelli and B.cekmece purification plants and 1657 networks water samples. In these samples were investigated faecal *E. coli* (*Escherichia coli*) and coliform bacteria and, additionally, enteropathogenic *E. coli* (EPEC), *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Vibrio cholerae*, *Vibrio* sp., *Yersinia enterocolytica*, *Campylobacter* sp., *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp. and *Plesiomonas* sp. The results were evaluated according to the standardization of Turkey (TS 266) (Regulation Concerning Water Intended for Human Consumption). In raw water samples, 100% coliform bacteria and 46% faecal *E. coli* were found. Additionally, *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Vibrio* sp., *Plesiomonas* sp., *Yersinia* sp. and *Shigella* sp. were positive in 97%, 67%, 8%, 5%, 1% and 1% of these water samples, respectively. In the sample from main distributions of purification plants and networks water were determined 4% and 5% coliform bacteria, 1% and 2% faecal *E. coli*, 16% and 23% *Aeromonas*, 10% and 14% *Pseudomonas* strains, respectively. EPEC, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Vibrio* and *Plesiomonas* sp. were not detected in these samples. In conclusion, all of raw water samples were found to be contaminated in İstanbul. On the contrary, it was observed that 95% of networks water samples are safe according to TS 266. We determined that the water treatment works in purification plants usually effectives in terms of bacteriologic, but it is not sufficiently effective for *Aeromonas* which might be a potential risk for public health.

Key words: The quality of İstanbul drinking water, pathogenic bacteria, faecal coliform, purification works

GİRİŞ

Su hayatın en gerekli, en dinamik ve aynı zamanda kirlenmeye en duyarlı maddesidir. Bu nedenle bazen yaşamı tehdit eden hastalıkların kaynağı olabilmektedir (1,2). Bulaşıcı hastalık salgınlarının en önemli nedenlerinden biri içme suyunun mikrobiyolojik kirlenmesidir. Geri kalmış ülkelerde her yıl 25 milyon kadar kişi kirli suların veya su yetersizliğinin neden olduğu hastalıklardan ölmektedir. Suyla bulaşan hastalıklar gelişmişlik düzeyi ile ilişkilidir. Gelişmiş ülkelere nadir görülen bu hastalıklar, geri kalmış ülkelerde büyük bir yekün tutmaktadır ve bunun temel nedeni temiz su yetersizliğidir (2-5). İçme sularıyla çeşitli bakteri, virus, protozoon ve helmint enfeksiyonları bulaşabilmektedir. Bu enfeksiyonlar genellikle insan ve hayvan dışkılarıyla yayılmaktadır (2-7). İstanbul'da şebeke suyunun yetersiz ve kesintilerin fazla olduğu geçmiş dönemlerde, özellikle su sıkıntısının fazla olduğu semtlerde ishal vak'alarında büyük artışlar dikkati çekmiştir. Bu dönemde su kesintilerinin sıklığı ile ishaller arasında paralellik gözlemlenmiştir (8). Biz bu çalışmada su kaynaklarını, arıtma işlemlerini ve şebeke sularını bakteriyolojik açıdan değerlendirmeyi amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEM

Ekim 2002-Nisan 2006 tarihleri arasında İstanbul'un ham su, arıtma tesisi çıkış suyu ve şebeke suyu örnekleri indikatör ve patojen barsak bakterileri yönünden membran filtre yöntemi ile Türk Standartlarına göre incelenmiştir (9). Su örnekleri sudaki klorun etkisini ortadan kaldırmak amacıyla içerisinde 1 ml, %10'luk $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (sodyum tiosülfate) bulunan steril, ağzıları mantar tıpalı 1 litrelik kahverengi şişelerle toplanmıştır (4,6).

Ömerli, Emirli, Elmalı, Kağıthane, İkitelli, B.çekmece arıtma tesislerine gelen ham sulardan 134

örnek, tesis genel çıkış sularından 446 örnek, şebeke sularından 1657 örnek olmak üzere toplam 2237 su örneği incelenmiştir. 1000 ml'lik su örnekleri 0,45 μm por büyüklüğünde membran filtreden (MILLIPORE HAWG047S1, LOT H6PM10572) süzülerek konsantre edilmiştir. Daha sonra filtreler içinde 5 ml triptik soy broth bulunan steril falkon tüplerine alınmıştır ve vortex cihazında çalkalanmıştır. Buradan alınan örnekler MacConkey agar (DIFCO), Bizmut sülfid agar (OXOID), koyun kanlı agar ve TCBS agar (BBL) ekilerek 35°C'de, 24-48 saat inkübe edilmiştir. *Yersinia* bakterileri için *Yersinia* selektif agara (OXOID) ekim yapılmıştır ve oda ısısında 48-72 saat inkübe edilmiştir. *Campylobacter* için Campy selektif agara (ACUMEDIA) ekim yapılmıştır ve besiyerleri bir jar içerisine Campy-Gen ile birlikte yerleştirilerek 42°C'de, 48-72 saat süreyle bekletilmiştir (6,9). Bakterilerin tanımında klasik biyokimyasal özellikler yanı sıra *Shigella*, *Salmonella*, Kolera, *E. coli* O157 (DIFCO) ve *Yersinia* (PASTEUR) antiserumları kullanılmıştır. Gerektiğinde şüpheli kökenlerin tanısı API 20E ve API NE (bioMérieux) identifikasyon sistemleri ile desteklenmiştir.

BULGULAR

Ham su arıtma tesisi genel çıkış ve şebeke suyu örneklerinin bakteriyolojik sonuçları toplu halde Tablo 1'de sunulmuştur. Ham su örnekleri mevsimsel bir fark göstermeksizin yıl boyunca kirli bulunmuştur. Buna karşılık arıtma tesisi genel çıkış ve şebeke sularında kirlilik oranları yaz ve sonbahar dönemlerinde koliform ve *Aeromonas* cinsi bakterilerde belirgin olmak üzere artışlar göstermiştir. Arıtma işlemlerinin *E. coli* ve koliform bakterileri büyük ölçüde ortadan kaldırmasına karşılık *Aeromonas* ve *Pseudomonas* cinsi bakteriler üzerinde yeterince etkin olmadığı görülmüştür.

Tablo 1. Ham su, arıtma tesisi genel çıkış ve şebeke sularının bakteriyolojik sonuçları

	Ham Su		Genel Çıkış		Şebeke		Toplam
	n	%	N	%	n	%	
Numune sayısı	134	100	446	100	1657	100	2237
Üreme sayısı	134	100	109	24	422	25	665
Koliform Sayısı	134	100	16	4	89	5	239
E coli	62	46	3	1	33	2	98
Aeromonas	130	97	72	16	376	23	578
Vibrio	11	8	0	0	0	0	11
Plesiomonas	7	5	0	0	0	0	7
Pseudomonas	90	67	46	10	240	14	376
Yersinia	2	1	0	0	0	0	2
Shigella	2	1	0	0	0	0	2

TARTIŞMA

Coğrafi konumu itibarıyla dünyanın en şanslı, maruz kaldığı tahribat ve ihmaller açısından da en talihsiz şehirlerden biri olan İstanbul tarihi, iktisadi ve kültürel özellikleriyle Türkiye'nin en büyük ve en önemli merkezidir. Göçlere bağlı hızlı nüfus artışı, plansız yerleşim, sanayileşme ve arazi kullanımındaki yanlış uygulamalar birçok çevre problemini beraberinde getirmektedir. Sürekli artan gereksinimi karşılayabilecek düzeyde ve uygun nitelikte su temini İstanbul'un en temel sorununu oluşturmaktadır. Pek çok yayında İstanbul'da kentsel gelişimin su havzalarının sınırlarına kadar yaklaşmış olduğu, hatta bazı yerlerde mutlak koruma alanlarını tehdit etmeye başladığı bildirilmiştir (10-13).

İstanbul sularının %99,5 kadarı yüzey sularından sağlanmaktadır. Bu sistem, içerisinde 5 büyük su havzasını besleyen yaklaşık 150 kadar dere, 15 göl ve baraj, 5 arıtma tesisi ve 13.750 km²'yi aşan su şebekesiyle ortalama yıllık 1.170 milyon metreküp su kapasitesine sahiptir (13,14).

İstanbul'un su ihtiyacını büyük bir bölümünü karşılayan Ömerli havzası Sultanbeyli gibi çok hızlı gelişen yerleşim bölgeleriyle istila edilmiş durumdadır. Elmalı, Alibey ve Büyükçekmece hav-

zalarında da hızlı bir yerleşim mevcuttur. Evsel ve sanayi atıkları arıtılmadan derelere ve toprağa verilmektedir. Derelerin çoğu açık birer kanalizasyon sistemine dönüşmüş durumdadır. Bütün bunlara bağlı olarak İstanbul'un içme suyu kaynakları hem bakteriyolojik hem de kimyasal bakımdan oldukça kirli durumdadır. (12,15). Arıtma işlemleri de her zaman mutlak bir temizlik sağlamamaktadır. *Aeromonas* cinsi bakteriler başta olmak üzere bir kısım mikroorganizmalar klorlamaya dayanabilmektedir. Filtrasyon sistemi ile pek çok mikroorganizma tutulabilmektedir. Fakat kirlilik oranı arttıkça arıtma işlemleri o nispete zor ve pahalıya mal olmaktadır. Arıtma tesislerinde zaman zaman arızalardan kaynaklanan işlem hataları da olabilmektedir (6,16).

Ülkemizde içme suları ile ilgili standartlar yeniden düzenlenerek "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" 17 Şubat 2005'de resmi gazetede yayınlanmıştır. Buna göre içme ve kullanma sularının 100 ml'sinde, kaynak sularının 250 ml'sinde toplam ve fekal koliform, *E. coli*, *Enterococcus* sp., *P. aeruginosa* ve parazitler bulunmamalıdır. Aynı zamanda sular patojen mikroorganizmaları da ihtiva etmemelidir. Suların tam bir mikrobiyolojik analizini yapmak gerekirse patojenler için de deney yapılmalıdır (9).

Bu araştırmada İstanbul'da ham suların tamamında %100 koliform bakteri ve %46 dışkı kaynaklı *E. coli* tespit edilmiştir. Bu durum sulara dışkı karıştığının göstergesidir. Ham sularda *Aeromonas* %97, *Pseudomonas* %67, *Vibrio* %8, *Plesiomonas* %5, *Yersinia* %1 ve *Shigella* %1 oranlarında bulunmuştur.

1997-1998'de yaptığımız daha önceki bir çalışmada benzer şekilde ham sularda koliform bakteri %100 dışkı kaynaklı *E. coli* %58, *Aeromonas sp* %95, *Vibrio sp.* %17 olarak belirlenmiştir (17).

Hızlı nüfus artışı ve kontrolsüz kentsel büyüme karşısında, yeni su kaynaklarının devreye alınması bile İstanbul'un su kaynaklarındaki mevcut kirliliği azaltamamıştır. Bütün bu kirliliğe rağmen ham sularda *Salmonella* ve *Campylobacter* gibi patojenler tespit edilmemiştir.

Arıtma tesisi genel çıkış sularında koliform bakteri %4, dışkı kaynaklı *E. coli* %1, *Aeromonas* %16 ve *Pseudomonas* %10 olarak bulunmuştur. Örneklerin hiçbirinde, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Vibrio* ve *Plesiomonas* ürememiştir.

1997-1998'de incelediğimiz genel çıkış sularında koliform bakteri % 6 dışkı kaynaklı *E. coli* % 2 ve *Aeromonas* % 8 olarak bulunmuştur. Geçen süre içerisinde genel çıkış sularının koliform ve *E.coli* açısından daha iyi duruma geldiği fakat aeromonasların arttığı görülmektedir (17,18).

Ham su kaynaklarının kirliliği geçmiş yıllara göre pek değişmediği halde genel çıkış sularında koliform bakteri ve dışkı kaynaklı *E. coli* oranlarının önemli ölçüde azalmış olması bu süre zarfında arıtma tesislerindeki bakım çalışmalarının etkinliğini göstermektedir.

Şehir-şebeke su örneklerinde EPEC, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia* ve *Campylobacter*, *Vibrio* ve *Plesiomonas* gibi patojen bakteriler bulunmamıştır. Buna karşılık %5 koliform, %2 *E. coli*, %23 *Aeromonas* ve %14 *Pseudomonas* tespit edilmiştir. Bu sonuçlar şebeke sularının %5'inin içme suyu standart-

larına uymadığını göstermektedir.

1997-1998 yıllarında yaptığımız çalışmada şehir şebeke sularında koliform bakteri %8 olarak tespit edilmiştir. Geçen süre içerisinde koliform bakterilerde azalma olduğu halde *Aeromonas* (%12) için aynı şeyleri söylemek mümkün değildir. Bu bakteri iki kat kadar artmıştır (17,18).

Genel çıkış sularına nazaran şebeke sularında bakteriyolojik kirlilik oranlarının yüksek bulunması bu suların arıtma aşamasından sonraki dönemde tekrar kontamine olmalarına yahut klor etkinliğinin zamanla azalmasına bağlanabilir. Eski ve yıpranmış borular suların kontamine olmasında rol oynayabilir. İstanbul'un su şebekesi yakın zamanda yenilenmiş olmakla birlikte eski binalarda hala bu tip borular bulunabilmektedir. Ayrıca abone depolarının bakımsız ve kirli olması da bu sonucun doğmasına sebep olabilmektedir.

Su örneklerinin alınış dönemleri dikkate alındığında en fazla kirliliğin yaz aylarında olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum bir yandan kaynakların azalması ve daha fazla kirlleticilerle karşı karşıya gelmesi, diğer yandan da bakterilerin sıcak aylarda daha kolay çoğalma imkanı bulmasıyla izah edilebilir.

Sonuç olarak bu çalışmada İstanbul'un ham suları oldukça kirli bulunmuştur. Bu durum İstanbul su kaynaklarının yeterince korunmadığını göstermektedir. Yoğun kirlilik arıtma işlemlerini de zorlaştırmaktadır. Arıtma tesisleri genel çıkış sularında patojen bakteri tespit edilmemiştir. Buna karşılık koliform bakteriler %4 ve dışkı kaynaklı *E. coli* %1 bulunmuş; klorlamaya daha dayanıklı olan *Aeromonas* ve *Pseudomonas* cinsi bakteriler ise sırasıyla % 16 ve %10 oranlarında tespit edilmiştir. Ham sularda %97 oranında bulunan *Aeromonas*'ların arıtma işlemlerinden sonra sayılarının azaldığı fakat tam olarak elimine edilemedikleri görülmektedir. Bu durum arıtma işlemlerinin insan sağlığı açısından risk teşkil edebilen aeromonaslar için yetersiz kaldığını göstermektedir.

Şebeke sularında %5 koliform bakteri ve %2

E. coli tespitine karşılık *Aeromonas* cinsi bakterilerin %23 ve *Pseudomonas* %14 oranında mevcudiyeti bu bakterilerin dikkate alınmasını gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bates AJ. Water as consumed and its impact on the consumer-do we understand the variables. Food and Chemical Toxicology, 2000; 38: 29-36.
2. Hurst CJ, Knudsen GR, Melnerney MJ, Stetzenbach LD, Walter MV. Manual of Environmental Microbiology. ASM Press Washington, D.C., 1997.
3. Winn WC, Allen SD, Janda WM, Koneman EW, Procop GW, Schreckenberger PC, Woods GL. Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology, 6. ed. Philadelphia, 2006.
4. Rusin PA, Rose JB, Haas CN, Gerba CP. Risk assesment of opportunistic bacterial pathogens in drinking water. Rev Environ Contam Toxicol 1997; 152:57-83.
5. Bertollini R, Dora C, Krzyzanowski M, Stanners D. Environment and Health 1 Overview and main European Issues 1996; 39-45.
6. Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21.ed. Publication Office American Public Health Association, NW Washington, DC, 2005.
7. Yücel A, Samastı M, Köksal F, Öztürk R. İstanbul sularının bulaşıcı hastalıklar yönünden değerlendirilmesi. İstanbul Bulaşıcı Hastalıklarla Savaş Derneği Yayın No.14, İstanbul, 1999.
8. Sağlık Bakanlığı İstanbul Sağlık Müdürlüğü Epidemiyoloji Şubesi Müdürlüğü İstatistik Verileri.
9. Erbaş AE. İstanbul'da su havzaları ile ilgili yasal mevzuat ve kaçak yapılaşma. Su Kongr ve Sergi '97 İstanbul, 19-22 Haz 1997; 199-215.
10. Ercan A, Kanan E, Metz JW. Suların sağlığa etkileri. İstanbul Su Kongresi ve Sergisi. 1995; 199-207.
11. Eruz E. İstanbul su havzalarındaki ekolojik sorunlar. İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu. İstanbul, 1995; 145-149.
12. Eroğlu V, Sarıkaya HZ. Achievement towards better water supply and wastewater disposal in Istanbul, International Symposium on Water Supply And Treatment, Istanbul 1998; 1-19.
13. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) 2005 Faliyet Raporu.
14. Türk Standardı (TS), İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Ankara, TS 266 / Nisan 2005.
15. Samastı M, Ulusoy M, Akıncı T, Akdemir R, Özdemir H. Terkos gölü ve dereleriyle Büyükçekmece gölünün halk sağlığı açısından değerlendirilmesi. Türk Microbiol Cem Derg. 1989; 19: 199-205.
16. Letterman RD. Water quality and treatment a handbook of community water supplies. American Water Works Association, McGraw-Hill, Inc, 5. ed. New York 1999; 21.
17. Köksal F. İstanbul'un su kaynaklarının patojen barsak bakterileri bakımından değerlendirilmesi. Doktora Tezi. İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, 1999.
18. Köksal F, Oğuzkurt N, Gencer B, Samastı M, Altaş K. İstanbul'un ham su, genel çıkış şebeke ve depo sularından izole edilen dışkı kaynaklı *E. coli* ile enteropatojenik *E. coli*'nin direnç profilleri. Aktuel Tıp Derg. 2003; 8: 101.