

ÇEVRE - İNSAN SAĞLIĞI İLİŞKİSİ AÇISINDAN SU VE SU ANALİZİNİN ÖNEMİ

IMPORTANCE OF WATER AND WATER ANALYSIS IN RELATION WITH ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH

Huri DEDEAKAYOĞULLARI*, Ayşe Emel ÖNAL**

ÖZET

Hayatın varlığı ve sürdürülmesi için vazgeçilmez olan suyun sağlığa uygun olması önemlidir. Su analizi ile sağlığa uygunluğunun saptanması hem içme hem de kullanma suları için gerekmektedir. Sağlığa uygun su, renksiz, koku-suz, tadı hoş, berrak, nötr ya da hafif alkali olur. Organik madde, amonyak, nitrit, nitrat, deterjan içermez; kurşun, arsenik, kadmiyum, siyanür, krom, civa, nikel gibi ağır metalleri, pestisidleri ve polisiklik aromatik hidrokarbonları içermez. Suda kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, demir, çinko, bakır, krom, iyot, selenyum ve magnezyum gibi vücuda gerekli olan minerallerin ise uygun miktarlarda bulunması istenir. Suyun bakteriyolojik analizinde E. Coli ve koliform bakteriler olmamalıdır. Bu derlemede suyun analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Su, analiz, mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal

ABSTRACT

It is important for water which is indispensable for existence and maintenance of life, to be convenient for health. Determination of convenience for health is necessary for drinking water and general use water with water analysis. Water that is convenient for health is colourless, odorless, clear, neutral or lightly alkali and has a nice taste. It should not contain organic material, ammonia, nitrite, nitrate, detergent and heavy metals like lead, arsenic, cadmium, cyanide, chrome, mercury, nickel and pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons. It is required to contain suitable amounts of minerals, calcium, phosphor, sodium, potassium, iron, zinc, copper, chrome, iodine, selenium and magnesium which are necessary for human body. Water must not contain coliform bacterias and E. coli. This review summarises analysis methods of water.

Key words: Watr, analysis, microbiological, physical, chemical

GİRİŞ

Yeryüzünde ilk canlının oluşumundan bugüne canlıların kesinlikle vazgeçemediği şeylerden en önemlisi şüphesiz sudur. Dünya'nın üçte ikisi su olduğu gibi erişkin insan vücudunun da % 60-70'i sudur. Henüz hayatın başlangıcında olan üç aylık bir fetusun ise % 95'i sudur. İnsan gıda almadan yalnız su içerek yaklaşık 5-10 hafta hayatını sürdürebildiği halde, susuzluğa ancak 4-10 gün dayanır (26). İnsan vücudundaki suyun 2/3'ü hücre içerisinde, geriye kalan kısmı ise dokular arası sıvıda ve kanda bulunur. İnsandaki sistemlerin, organların, dokuların ve hücrelerin normal işlevlerini yerine getirebilmeleri için bir insanın günde ortalama 1,5-2 lt. suya gereksinimi vardır. İçilecek su hijyenik olmalıdır. Hijyenik demek suyun sağlığa uygun olması anlamına gelmektedir. Su hijyeni, yalnız içme suyu için değil aynı zamanda kullanılacak su için de (yemek yapma, te-

mizlik ve benzeri) gereklidir. Ülkelerin gelişmişlik ölçütlerinden biri de günlük kişi başına tüketilen su miktarıdır. Bu miktarın geri kalmış ülkelerde ve afet durumlarında kişi başına en az 20lt/gün olması istenir. Ülkemiz gibi gelişmekte olan bir ülkede ortalama kişi başı günlük su tüketimi 150 lt/gündür. Gelişmiş ülkelerde ise bu miktar kişi başı 250-1000 lt./güne kadar çıkmaktadır (26). İçme ve çeşitli gereksinimler için kullanılan suyun hepsi "Alimentasyon Suyu" olarak adlandırılır (8). Su insan sağlığı açısından en önemli çevresel etkenlerden biri olduğu için, su analizi ile suyun hijyenik olup olmadığı ve içerdiği mineraller açısından sağlığa uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Doğadaki sulara yabancı madde, erimiş tuzlar, gazlar, kimyasal bileşikler, hastalık yapan veya yapmayan organizmalar, toprak kil vs. bulunur. Bunların bir kısmı mikroskopla ve bakteriyolojik muayeneler ile, bir kısmı kimyasal de-

Dergiye geldiği tarih/ Date received: 26.09.2007 Dergiye kabul edildiği tarih: 16.01.2008

* İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Çapa (İletişim kurulacak yazar: hurideakay@gmail.com)

** İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Çapa

neylerle, bir kısmı gözle, bir kısmı da tat ve kokularıyla teşhis edilebilir. Bu işlemlere su analizi denilir.

SUYUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Su analizine suyun fiziksel özellikleri incelenerek başlanır. İçilebilir nitelikteki su fiziksel açıdan en az şu nitelikleri taşımalıdır: Bulanık olmamalı, renksiz, kokusuz olmalı, kendine has tadı olmalı ve sıcaklığı 15 derecenin altında olmalıdır (4). Suyun kendine özgü lezzeti özellikle sıcaklığına bağlıdır. Genel olarak içme suyunun sıcaklığının 7-12 °C 'ler arasında olması istenmektedir (21). Daha sıcak sular ağza yavan gelebildiği gibi 20 °C' den fazla sıcak sular mide bulantısı vermektedir. Bunun tam aksi soğuk sular mide ve bağırsak mukozasını tahriş ettiği gibi bağırsak hareketlerini durdurmakta ve sancı oluşturmaktadır.

Suyun bulanıklığı içerdiği asılı ve kolloidal haldeki organik ve inorganik maddelerden kaynaklanır. Organik maddeler arasında patojen mikroorganizmalar da bulunabilir. Bulanıklık tayininde "turbidimetre" denilen alet kullanılır. Bu alet, 1 metre uzunluğunda 2 cm çapında cam bir borudur. Bir ucu ortasında 4 mm siyah bir çizgi bulunan beyaz bir tıpa ile kapatılır. Bulanıklığı ölçmek için cam borunun içine tıpadaki siyah çizgi, üstten bakıldığında kayboluncaya kadar numune suyu konulur. 60 cm yüksekliğinden daha fazla su konulduğunda çizgi görülürse suyun berrak olduğuna karar verilir; 30-60 cm arası hafif bulanıklığa ve 30 cm' den aşağı olursa bulanıklığa karşılık gelir. Muayene gündüz ışığı ile (güneş ışığında değil) yapılmalıdır. Suyun rengi hakkında karar verebilmek için suya, süzülükten sonra bakılmalıdır. Çünkü suyun rengi genellikle suda koloidal halde bulunan organik ve inorganik maddelerden bazen de endüstri sularında erimiş kimyasal maddelerden ve boyalardan değişebilir.

Az miktardaki su renksiz olmasına karşılık kalın tabaka halinde doğal olarak mavimsi renktedir. Fakat demir bileşikleri, koloidal organik maddeler ve özellikle de bitkisel kaynaklı maddeler süspansiyon halinde bulduklarında suyu renklendirirler. İçinde demir tuzları (Ferro) bulunan sular sarı renkte olup havalandırılınca kırmızımsı çökelek verirler. Granitli kayalardan gelen sular hafif esmerimsi bir renk taşırlar. Ayrıca suda yosunların ve mikroorganizmaların üremesi de suya yeşilimsi bir renk vermektedir.

Genellikle iyi nitelikli su kokusuzdur. Suyun kokulu oluşu birçok nedenden ileri gelir. Bu nedenler arasında mikroorganizmaların fermentasyonu, dışkı, idrar karışması, organik maddelerin ayrışması, endüstriyel ve diğer çeşitli atıklar sayılabilir. Ayrıca derin yeraltı sularında sülfatların ayrışmasıyla oluşan kükürtlü hidrojen, suların içinde yaşayan algler, protozoonlar, çeşitli mikroorganizmalar ve bazen de suların nakledilmelerinde kullanılan boru ve kaplar da kokunun oluşmasına neden olur. Ayrıca suların dezenfeksiyonunda kullanılan klor ve iyot ta suya kendilerine özgü kokularını verir. Koku muayenesi için şişenin kapağı çıkarılarak hemen koklanır. Ayrıca su bir beherglasa konur, ağzı saat camı ile kapatılır ve 95°C'ye kadar ısıtıldıktan 5 dakika sonra koku muayenesi yapılır. Suyun lezzeti, suda erimiş oksijen ve karbondioksit gazlarına, içerdiği diğer kimyasal maddelere, suyun sıcaklığına ve soğukluğuna göre değişmektedir (24). Suyun lezzeti doğal ve hoş içimli olma-

lıdır. Aksine ekşi, acı, tuzlu veya madeni lezzetli olmamalı, lezzetini değiştirmemeli, içildiği zaman boğazda kuruluk, burukluk ve midede de şişkinlik hissi vermemelidir. İçilen suyun istenilen taze su lezzeti içerdiği oksijen ve karbondioksit gazlarından oluştuğu için suyun ısıtılması halinde bu gazlar buharlaşarak uçacağından suda yavan ve tatsız bir lezzet oluşur. Suda bulunan mineral maddelerin oranı az ise suda kabul edilebilir bir lezzet vardır. Mineral maddelerin çokluğu suyu içilemez bir hale getirebilir. Suyun pH'ı suda kalsiyum bikarbonat ve alkali tuzlar bulunursa alkali, fazla karbondioksit varsa asit olur. Suyun fazla alkali olması kokuşmanın varlığını gösterir. Suyun asiditesi yüksek ise karbondioksitten başka asitler var anlamına gelir. Asiditesi yüksek suların korozif özellikleri vardır. Suyun pH'ı nötr veya hafif alkali olmalıdır. Kaynak sularında pH 7,0-8,5, içme ve kullanma sularında pH 6,5-9,2 sınırları içinde olmalıdır .

SUYUN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Hijyen bakımından alimentasyon suyunun kimyasal analizi, erimiş gazlar (Özellikle CO₂ ve O₂), sertlik derecesi, organik maddeler, amonyak, nitrat, nitrit, klorür, deterjan bulunup bulunmadığı ve miktarlarının tayinleri ile yapılır. Gereğinde Fe, Pb, Zn, pestisidler ve radyoaktif serpintiler araştırılır. Suda erimiş oksijen, erimiş halde hava ile temas eden sularda bulunmaktadır. Bulunan oksijen oranı, suyun yüzeysel veya derin olmasına, kokuşmuş maddelerin bulunup bulunmamasına, sıcaklığına, hava basıncına, madensel tuzlara, suda yaşayan canlılara ve suyun dalgalı olmasına göre değişir. Genellikle dalgalandıkça ve aktıkça havadan oksijen alan temiz sular, litresinde 12 ml kadar oksijen içerirler. Kokuşma maddeleri sulardaki oksijen miktarını azaltır. Bununla beraber hiçbir kirliliğe bağlı olmadığı halde yeraltı sularında oksijen miktarı düşük olabilir, hatta hiç olmayabilir. İçme sularında oksijen bulunmasının sağlık üzerine doğrudan bir etkisi yoktur. Ancak suyun lezzetini değiştirdiği için az miktarda oksijen bulunması istenir. Karbondioksit hemen hemen her suda çok az bulunur. Bunun sağlığa bir zararı yoktur. Aksine suyun lezzeti üzerine etkisi vardır; karbondioksiti uçurmak için yapılan ısıtma işlemi suları lezzetsiz yapar. Genel olarak karbondioksit oranının olabildiğince az olması istenir. Litrede 5 mg. karbondioksit kabul edilebilir üst sınırdır. Çok derinden elde edilen gazlı maden suları bile yaklaşık litrede 2-3 mg CO₂ içerir. Fazla miktarda karbondioksitin olması halinde suyun pH'sı düşer, asidik ortam oluşur. Böyle sular korozif özellik kazandıklarından boruları, buldukları kapları aşındırırlar. Çoğunlukla bu sular kurşun, bakır, çinko gibi madenleri de içerdikleri için maden zehirlenmelerine de neden olurlar. Suyun sertlik derecesi içerdiği erimiş kalsiyum ve magnezyum tuzlarına bağlıdır. Sular bunları topraktan alır. Sular tuzları, erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları, sülfat tuzları, klorür tuzları ve ayrıca az miktarda nitrat tuzları halinde içerirler. Özellikle bikarbonat ve sülfat tuzları suyun sertliğinde önemli rol oynar. Sular kaynatılınca karbonat tuzları çöker, bu nedenle karbonatların oluşturduğu sertliğe "Geçici Sertlik", diğer tuzların (özellikle sülfatların) oluşturduğu sertliğe de "Kalıcı Sertlik" denir. Sularında Ca için üst sınır 100 mg/lit, Mg için 50 mg/lit dir. İçerisinde 10 mg/lit Ca tuzu bulu-

Tablo 1. ABD de İçme Suyu için Maksimum Kirletici Seviyeleri (4)

BİRİNCİL KİRLETİCİLER (Zehirli Maddeler)	Sınır Değerleri	İKİNCİL KİRLETİCİLER (İstenmeyen Maddeler)	Sınır Değerleri
İNORGANİK KİMYASALLAR	mg/lt		
Arsenik	0,05	Klorid	250 mg/lt
Baryum	1	Renk	15 birim
Kadmium	0,01	Bakır	1 mg/lt
Krom	0,05	Köpük yapıcı madde	0,5 mg/lt
Flor	1,4-2,4	Hidrojen sülfür	0,5 mg/lt
Kurşun	0,05	Demir	0,3 mg/lt
Cıva	0,002	Mangan	0,05 mg/lt
Nitrat	10	Koku	3 birim
Selenyum	0,01	Ph	6,5-8,5
Gümüş	0,05	Sülfat	250 mg/lt
ORGANİK KİMYASAL		TDS*	500 mg/lt
Klorlu Hidrokarbonlar		Çinko	5 mg/lt
Endrin	0,0002		
Lindan	0,004		
Methosiklor	0,1		
2,4 D (2,4 Diklorofenoksiasetik asit)	0,1		
2,4,5-T(2,4,5 Triklorfenoksiasetik asit),			
Silvex(2,4,5 TP:2,4,5 Triklorfenoksi propionik asit)	0,01		
TRİHALOMETHANLAR	0,100		
BULANIKLIK	1 birim		

*Toplam Çözünmüş Madde

Tablo 2. Türkiye'de Sularda İncelenen Parametreler ve Sınır Değerleri (20)

Kimyasal Özellikler	mg/lt	İstenmeyen Maddeler	mg/lt	Zehirli Maddeler	mg/lt
Klorür (Cl)	40	Nitrat (NO ₃)	25	Arsenik (As)	
0,01					
Sülfat (SO ₄)	40	Demir (Fe)	0,05	Kadmium (Cd)	
0,005					
Kalsiyum (Ca)	100	Mangan (Mn)	0,02	Siyanür (Cn)	0,01
Magnezyum (Mg)	30	Bakır (Cu)	0,1	Krom (Cr)	0,05
Sodyum (Na)	30	Çinko (Zn)	5	Cıva (Hg)	0,001
Potasyum (K)	10	Florür (F)	1,5	Nikel (Ni)	0,02
Alüminyum (Al)	0,05	Organik maddeler için Sarf edilen oksijen miktarı	2	Kurşun (Pb)	0,01
pH	6-8	Amonyak (NH ₃)	Bulunmayacak	Antimon (Sb)	0,005
		Bor (B)	1	Pestisitler ve	0,0001
		Nitrit (NO ₂)	Bulunmayacak	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	0,0002

nan su "1 Fransız Sertlik Derecesi"ne sahiptir diye tanımlanır. Ülkemizde de kullanılan Fransız Sertlik Derecesine göre suların sertliğinin sınıflandırılması şu şekildedir: 0-7: Çok yumuşak, 7-14: yumuşak, 14-22: hafif sert, 22-32: sert, 32-54: çok sert, >54: Çok aşırı sert (22,26).

SUDA BULUNAN VE HAYATİ ÖNEMİ OLAN MİNERALLER

Normal içme suyu alımı bir insanın lityum, çinko, kalsiyum, bakır, magnezyum, demir ve flor gereksiniminin %10'unu karşılar.

Tablo 3. Türkiye'deki Bazı Firmaların Sularının Kimyasal Analiz Sonuçları (5)

	ERİKLİ	BUZBAĞI	PINAR	SAKA
Kalsiyum(mg/l)	4,0	12,1	3,1	28,4
Magnezyum(mg/l)	1,2	4,0	1,1	3,73
Florür(mg/l)	0,5	0,32	0,28	0,07
pH 7,3	7,4	6,9	8,1	
Renk(pt/Co)	0,3	0,5	Renksiz	4
Bulanıklık(NTU)	0,2	0,08	Yok	1
Aktif klor(mg/l)	Yok	---	Yok	Yok
Organik madde	0,4	---	0,6	1,6
Nitrit(mg/l)	Yok	Yok	Yok	Yok
Nitrat(mg/l)	≤1,0	---	8,36	1,72
Klorür(mg/l)	7,0	---	7,0	1,12
Toplamsertlik(FrS)	1,5	4,3	1,65	8,5
Amonyak(mg/l)	Yok	Yok	Yok	Yok
Sülfat(mg/l)	10,1	10,0	7,0	8,18
Fenolik maddeler	Yok	Yok	Yok	Yok

Magnezyum:

Magnezyum; hayati önem taşıyan 11 mineralden birisi (kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, demir, çinko, bakır, krom, iyot, selenyum, magnezyum) belki de en önemlisidir (7). Vücut kendi başına bu minerali üretmediği için magnezyumun besinler yoluyla alınması gerekir. Mg toprak ve deniz suyunda bulunur. Vücudumuzda da sürekli doldurulması gereken bir Mg rezervi vardır. Fazla terleyen, laksatif veya diüretik ilaç kullanan kişilerde vücuttan daha fazla magnezyum atılır. Stres, gebelik, emzirme gibi durumlarda ise vücudun magnezyuma ihtiyacı artar. Magnezyum adenozin trifosfat içeren üç binden fazla enzimin, özellikle de fosfat transferi yapan enzimlerin kofaktörü olarak görev yapar (15). Ayrıca magnezyum kardiyak kontraktilite ve periferik vasküler tonusun devamlılığının sağlanmasında önemli rolü olan düz kas hücrelerindeki kalsiyum hareketini de düzenler. Sudaki sertlik ile kardiyovasküler hastalık mortalitesi arasında bir ilişki kurulmuştur. Magnezyum ve kalsiyumdan fakir su içenlerde kardiyovasküler hastalığa yakalanma oranı daha fazladır. Amerika Ulusal Bilimler Akademisi'nin ülke çapında yaptığı bir araştırmada (17) suya eklenen kalsiyum ve magnezyumun kardiyovasküler ölüm oranını azaltabileceği saptanmıştır.

Kalsiyum:

Kalsiyum kemiklerin ana yapısında bulunan ve onların güçlü kalmasını sağlayan bir mineraldir(12). Kalbimizin düzenli atması, kan pıhtılaşma sistemimizin düzenli işlemesi, sinirlerimizin sağlıklı çalışması ve kaslarımızın düzgün fonksiyon görmesi de kalsiyumun yardımıyla olur. Vücuttaki kalsiyumun % 99'u kemiklerde ve dişlerde bulunur. Geriye kalan % 1 ise kanda ve yumuşak dokulardadır (13). Normal insan günde iki litre su alır ve toplam su alınının % 60'ını içme suyu oluşturur. İnorganik elemanlar düşük yoğunlukta olsalar da sudan alınan toplam miktar küçümsenmeyecek kadardır. Ayrıca sudaki mineraller serbest iyonik ve kolay emilir şekildedir.

Florür:

Florür doğada, özellikle suda, yöreye ve ısıya bağlı olarak değişen düzeylerde bulunur (18). İnsanın yapısında bulunan florürün esas kaynağı yiyecek ve içeceklerdir. Endüstriyel maruziyet altındaki toplumlarda solunum yoluyla da alınabilir. Yiyeceklerdeki konsantrasyon düşük miktardadır, dolayısıyla asıl kaynağı sudur. Florür hem yüzey hem de yer altı sularında mevcuttur. Yeraltı sularındaki doğal florür konsantrasyonu suyun kaynaklandığı bölgenin jeolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri, toprağın içeriği, Ph'ı ve ısısı gibi faktörlere bağlı olarak litrede 1 ile 25 mg gibi geniş limitler içinde değişir (9,10,25). Sindirim ya da solunum yoluyla alınan florürün hepsi absorbe edilemez. Absorbe edilenlerin bir kısmı, yarısı idrarla olmak üzere ter, feces ve tükürük ile atılır. İçme suyu kaynaklarındaki düşük florür düzeyi ile diş çürükleri arasında bir ilişki bulunurken, yüksek florür düzeylerinde ise florür konsantrasyonundaki artışa paralel olarak artan bir şekilde fluorosise neden olduğu saptanmıştır (14).

Suda Amonyak, Nitrit ve Nitratın Anlamı

Klorlanmış sularda amonyak saptamak zordur. Çünkü amonyak kloraminler halinde bileşik şeklinde bulunabilir. Bu nedenle klorlu suları analiz etmeden önce dekloraminasyon yapılmalıdır. Suda amonyak bulunması yakın bir noktadan suyun organik maddelerle kirletildiğini gösterir. Organik maddelerin nitrifikasyon aşamasından geçerek tamamen zararsız hale geldiği döngünün ilk aşamasında amonyak meydana gelir. Eğer organik madde suya karıştıktan sonraki süre kısaysa yani henüz nitrifikasyon tamamlanacak kadar zaman geçmemişse suda amonyak saptanır. Suda bulunan amonyak, nitrit ve nitratın kaynağı gübrelerin kullanımı, sebze ve hayvanların çürümesi, evsel atıklar, kanalizasyonun toprak yüzeyine boşaltılması, endüstriyel atıklar ve çöplerin boşaltılması nedeniyle olabilmektedir. Yüksek amonyak ve nitrit düzeyine genellikle mikrobiyolojik niteliği uygun olmayan sularda rastlanmaktadır. Yüksek nitrat düzeyinin saptandığı sular ise ge-

nellikle kirli yer altı suları olmakta, yüzeysel sulardaki nitrat ise su bitkileri tarafından tüketilmektedir. Su kaynaklarının yüksek düzeylerde nitrat içerdiği ülkelerde infantil methemoglobinemi ve ölümler bildirilmiştir. DSÖ'nün bir yayınında 100 mg/lit ve daha fazla nitrat içeren kuyu sularının bebek yiyeceği hazırlanmasında kullanılmaması önerilmiştir. Daha düşük nitrat düzeylerinin de (10-20 mg/lit) risk oluşturabileceği düşünülmektedir (4). ABD de içme ve kullanma sularında aranan özellikler Tablo 1 de görülmektedir. T.C Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 15.3.2005 tarih ve 3745 sayılı genelgesine göre, içme ve kullanma suları, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri Refik Saydam Hıfzısıha Merkezi Başkanlığı, Hıfzısıha Bölge Enstitüleri, Türk Standartları Enstitüsü Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Laboratuvarları'nda, pestisit ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar dışındaki analizler Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezinde, Radyoaktivite ile ilgili analizler Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İzotop Laboratuvarları'nda yapılır (23). T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün, 18.10.1997 tarih ve 23 144 sayılı Resmi Gazete de yayınlanarak yürürlüğe giren İçilebilir Nitelikteki Suların İstih-sali, Ambalajlanması, Satışı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmeliğe göre suların istenilen özellikleri Tablo 2' de görülmektedir (20). Türkiye'de ambalajlı suların bazılarında ilan edilen analiz sonuçlarının kıyaslanması Tablo 3 te görülmektedir (5).

Suyun kimyasal özellikleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile saptanır (27).

SUYUN MİKROBİYOLOJİK ANALİZİ

Genel olarak mikrobiyolojik su analizinde sırasıyla üç yöntem izlenir: İndikatör mikroorganizmalar, çoklu tüp yöntemleri, membran filtrasyon yöntemleri.

İndikatör Mikroorganizmalar

İçme suyunda bulunan bazı bakteriler:

a) *Salmonella*: Yiyecek zehirlenmelerine sebep olurlar (3). b) *Shigella*: Bakteriyel dizanteriye sebep olur. c) *Vibrio* organizmalar: Koleraya sebep olur (2). d) *Campylobacter* bacteria: Mide ve bağırsaklarda yaşar, ülsere sebep olur. e) Sülfür bakterisi: Suya çürük yumurta kokusu verir. Son derece hızlı bir şekilde korozyona sebep olur. f) *Actinomyces*: Suya kötü koku ve tat verir. g) *Leptospira*: *Leptospirosis*'e neden olan bu bakteri kan dolaşımına derideki sıynıklardan veya mukozadan girmekte böbrek, karaciğer ve merkezi sinir sistemini etkileyen akut enfeksiyonlara neden olmaktadır. Bu bakteri idrarla atılır. Suda yaşama süresi bir kaç günden 3 haftaya kadar değişir.

Suda hastalık yapıcı bakteriler olup olmadığı sadece testle anlaşılabilir. Bu testlerin yılda en az bir kez tekrarlanması gerekir. Testlerin yapılacağı en iyi zaman sonbaharın sonu ve yaz başıdır. Hastalık etkeni olan yukarıda belirtilen mikroorganizmaların bakteriolojik analizleri zordur. Bu yüzden gösterge indikatör mikroorganizmalar kullanılabilir. Bunlar; *Escherichia*

coli, Termotoleran (Fekal) Koliform Bakteri, Koliform Organizmalar (Toplam Koliformlar), Fekal Streptokoklar, Sülfür İndirgeyen Clostridiumlar, Bakteriofajlar, Heterotrofik Plate Sayımı (koloni sayımı), *Aeromonas* türleri ve *Pseudomonas aeruginosa*'dır.

E.coli'nin sulara bulunması zararlı organizmaların varlığına işaretler. Dışkıının 1g'ında 108-109 adet *E.coli* bulunur. Bu sebeple bir içme suyu kaynağı tahlil edildiğinde *E.coli* bulunmuşsa, bu kaynağın insan, memeli, hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır (16). İçme veya kullanma sularının toplam koliform açısından analizinde Durham tüpüne gerek duyulmayan Fluorocult LMX Broth besiyeri kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu besiyerinin 50 ya da 100 ml su örneğinin koliform bakteri var/yok şeklinde analizinin yapıldığı kolay uygulamalı sistemleri de vardır (Readyult Coliforms:Merck 1.01298). Sulara koliform bakterilerinin var/yok analizinin yapıldığı yeni bir besiyeri ise Presence-Absence Broth besiyeridir. Standart kültürel yöntemler ile *E. coli* analizi aslında toplam fekal koliform bakteri analizinin devamıdır. Yani *E. coli* analizinin yapılabilmesi için önce toplam koliform ve fekal koliform bakterilerin saptanması gerekir.

Çoklu Tüp Yöntemleri

Çoklu tüp yöntemi birbiri ardına yapılan üç deneyi kapsamaktadır. Tahmin deneyinde (Pre sumptive Test) besiyeri olarak Laktozlu Buyyon kullanılır. İçlerinde Durham tüpü bulunan ve Laktozlu Buyyon içeren üç deney tüpüne su örneğinden sırasıyla 0,1 cc, 1cc, 10cc ekim yapılır. 36-37 derecede, 24-48 saatlik inkübasyon sonucunda Durham tüplerinde gaz oluşturanlar (laktozdan gaz meydana getirenler) koliform bakteri üremiş olabileceği tanısı ile yeniden değerlendirmeye alınır. Doğrulama deneyinde (Confirmation Test) besiyeri olarak Brilliant Green Bile Broth (%2) kullanılır. Tahmin deneyinde gaz oluşturan örneklerden halka öze ile, doğrulama deneyi için içerisinde Durham tüpü bulunan bu besiyerine pasaj yapılır. 36-37 derecede, 24-48 saatlik inkübasyon sonucunda Durham tüpünde gaz oluşturanlar tamamlama deneyine alınır.

Tamamlama deneyinde (Completed Test) besiyeri olarak indol kullanılır. Gaz oluşumu görülen tüpten halka öze ile indol besiyerine pasaj yapılarak 44-45 derecede 48 saat inkübe edilir. Sonuçlar T.C Sağlık Bakanlığı'nın İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği'ne göre değerlendirilir (19). İçme ve kullanma sularında *E.Coli* bulunmamalı, koliform bakteriler ise bir yıl içinde düzenli aralıklarla alınan numunelerin en az % 95'inde bulunmamalıdır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde çeşitli eyaletlerde yapılan su incelemelerinde kırsal kesimde 161 kuyu suyu örneği çoklu tüp yöntemi ile incelenmiş, % 62,1'inde total koliform, %27,3'ünde ise ısıya toleran koliform bulunmuştur (6).

Yine aynı yöntemle Amerika'da 1300 örnekle yapılan bir çalışmada örneklerin % 39,40'ında, 3600 örnekle yapılan başka bir çalışmada ise örneklerin % 37'sinde koliform bakteri tespit edilmiştir (6). Guillemine ve arkadaşları Batı Afrika'da artezyen kuyularında yaptıkları incelemede ısıya toleran koliform bakterileri tiplendirmişler ve % 85 oranında *E.coli* tespit etmişlerdir (11).

Ülkemizde Alim ve arkadaşlarının Sivas'ta şebeke ve kaynak sularında aynı yöntemle yaptıkları çalışmalarında % 16-%39 oranında total koliform, % 6,4-21,1 oranında ise ısıya toleran koliform bulunmuştur (1).

Membran Filtrasyon Yöntemleri

Membran filtrasyon yöntemi; genel olarak içme sularında ve diğer sıvı örneklerde mikrobiyolojik yükün belirlenmesi için kullanılır. Yüksek hacimli örneklerle çalışmaya ve sayım yapmaya elverişli olmasının yanı sıra klasik analizlere göre daha hızlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu yöntemde örnek; mikroorganizmaları tutabilecek por çapına sahip bir membran filtreden vakum kullanılarak süzülür. Steril bir emici ped üzerine emdirilmiş aranan mikroorganizma türüne göre seçici veya genel bir besiyeri üzerine yerleştirilir. İn-kübasyon sonrası membran filtre üzerindeki kareler yardımı ile sayım yapılır.

Fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz için su örneklerini almada; cam veya pet şişe, temiz kap (HCl ve numune alınacak su ile çalkalanmış) kullanılır. Bakteriolojik analiz için; koyu renkli steril cam şişe, kapak veya plastik tıpa kullanılır.

KAYNAKLAR

1. Alim A. Sivas İl ve İlçe Merkezlerinde İçme Sularının Bakteriolojik Analizi. Erciyes Üniversitesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 1995.
2. Black RE. Cholera, Public Health&Preventive Medicine, in: Wallace RB, Doebbeling BN (eds), 14th edition, Appleton&Lange, Stamford 1998, pp:240-243.
3. Christie AB. Salmonellosis. J R Coll Gen Pract 1969; 2:27-30.
4. Conway JB. Water Quality Management in Public Health&Preventive Medicine, in: Wallace RB, Doebbeling BN(eds), 14th edition, Appleton&Lange, Stamford, 1998, pp:737-763.
5. Dedeakayoğulları H, Önal AE. Su firmalarının ilan ettikleri analiz sonuçlarından derlenmiştir, 2007.
6. Demirtaş S. Sivas Yöresindeki Bazı Kuyu Sularında Koliform Bakteri Araştırılması ve Soyutlanan E.coli Kökenlerinin Antibiyotik Direnci. Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı Uzmanlık Bitirme Tezi, Sivas, 1997.
7. Elin RJ. Magnesium metabolism in health and disease. Dis Mon 1988; 34:161-219.
8. Fırat M, İçme suyu ve sağlığımız, Çevre ve çocuk sağlığı sempozyumu, İstanbul, s:179-186, 2002.
9. Guidelines for drinking water quality Vol 1. Recommendations. WHO, JK Fawell, R Mascarenhas (eds), Geneva, pp 47- 174, 1993.
10. Guidelines for drinking water quality Vol.2. Health Criteria and other supporting information. WHO, JK Fawell, R Mascarenhas (eds),Geneva, 1984; pp: 100-5.
11. Guillemin F, Henry P, Uwechue N, Monjour L. Fecal contamination of rural water supply in sahelian area. Wat Res 1991; 25: 923-927.
12. Güler Ç. HacettepeÜniversitesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ders Notları, 1997-1998.
13. Güler Ç. Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi: 69. Ankara, 1997.
14. Hapçoğlu B., Dişçi R., Demir L., Başak E., Güray Ö., Özer N. Türkiye içme sularında florürün bölgesel dağılımı. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 1992; 26:222-3.
15. Mc.Lean RM. Magnesium and its therapeutic uses:A review, Am J Med 1994; 96:63-76.
16. Robins-Browne RM. Traditional enteropathogenic Escherichia Coli of infantile diarrhea. Rev Infect Dis 1987; 9:28.
17. Shah GM, Kirschenbaum MA. Renal magnesium wasting associated with therapeutic agents. Miner Electrolyte Metab 1991; 17:58-64.
18. Shehata, A M, Ghandour, I A. A map of natural fluorur in drinking water in Sudan. Odontostomatol-Trop 1990; 13: 17-21.
19. T.C Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; İçme Suları için Mikrobiyolojik Parametreler (Ek1), Ankara, 2005.
20. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı, Su Güvenliği ve Sağlığı Şube Müdürlüğü, İçilebilir Nitelikteki Suların İstihsalı, Ambalajlanması, Satışı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete 1997; 23:144.
21. Tekbaş Ö.F Pratik Su Analizi ve Su Dezenfeksiyonu. Tıbbi Dokümantasyon Merkezi Yayınları. No: 25, Ankara, 1999.
22. Tekbaş F, Güleç M. Suların Sertlik Dereceleri ve Sağlık Etkileri, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2004; 3.
23. TTB, Hekimler ve Tabib Odaları için Mevzuat http://www.ttb.org.tr/mevzuat/index.php?option=com_content&task=view&id=293&Itemid=35.
24. Tuncay H. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. İzmir, 1994.
25. WHO: Fluorine and Florurs. WHO Environmental Health Criteria No 36. WHO, Geneva, 1984.
26. Velicangil S, Hekimler, Sanayi (İş) Hekimleri, Diş Hekimleri, Eczacılar ve Sağlık (Çevre) Mühendisleri için Koruyucu ve Sosyal Tıp, Filiz Kitabevi, 1980, s:126-150, 337,398.
27. Yıldız A., Genç Ö., Bektaş S., Enstrümental Analiz Yöntemleri. 2. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara 1997; 85-111.