

İstanbul İli Anadolu Yakası doğal kaynak sularının bakteriyolojik kalite parametrelerinin değerlendirilmesi

The evaluation of bacteriological quality parameters of natural spring water in Anatolian side of Istanbul Province

Figen Esin Kayhan^{1*}  • Selin Gültekin²  • Cenk Sesal¹ 

¹ Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Göztepe 34722, İstanbul, Türkiye

² İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi), Sağlık ve Hıfzısıhha Müdürlüğü, Fatih, 34130, İstanbul, Türkiye

* Corresponding author: fekayhan@marmara.edu.tr

Received date: 12.10.2017

Accepted date: 29.12.2017

How to cite this paper:

Kayhan, F. E., Gültekin, G. & Sesal, C. (2018). The evaluation of bacteriological quality parameters of natural spring water in Anatolian side of Istanbul Province. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(1): 37-42. doi:10.12714/egejfas.2018.35.1.07

Öz: Bu çalışmada, İstanbul ili Anadolu yakasının farklı bölgelerinde halkın kullanımına açık olan doğal kaynak suyu çeşmelerinin bir yıllık periyot içinde (2014 yılı/12 ay) bakteriyolojik kalite parametrelerinin incelenmesi ve insan sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlandı. Bu amaçla belirlendiğimiz 10 adet doğal kaynak suyu istasyonundan bir yıl süreyle (2014 yılı/12 ay) her ay bakteriyolojik analizler için numuneler alındı. Bakteriyolojik analizler; membran filtrasyon yöntemi kullanılarak Koliform bakteri, *Escherichia coli*, Fekal koliform ve Enterokok sayımı ile tespit edildi. Bir yıl süreyle toplanan 95 örneğin, yapılan bakteriyolojik analizleri neticesinde 46'sının ulusal ve uluslararası standartlara göre içilebilir nitelikte, 49'unun ise içilemeyecek nitelikte olduğu görüldü. Örneklerimizin % 47,4'ünde Koliform Bakteri; % 27,4'ünde Enterokok; % 17,9'unda *Escherichia coli*; % 14,7'sinde Fekal koliform tespit edilerek standartlara uygun olmadığı belirlendi. Örneklerimizin % 48,4'ünün ise standartlarda belirtilen değerlere uygun olduğu tespit edildi.

Anahtar kelimeler: *Escherichia coli*, Doğal kaynak suları, Bakteriyolojik analizler

Abstract: The main purpose of this study was to investigate the bacteriological quality parameters of drinking fountains found in the Anatolian side of Istanbul on an annual basis (2014 year/ 12 month) and their evaluation in terms of human health. Samples were taken monthly from 10 different public drinking fountains for bacteriological analysis for a year in 2014. Bacteriological analysis were carried on using the membrane filtration technique; Coliform bacteria, *Escherichia coli*, Fecal coliform and Enterococcus counting. 95 samples were collected in total and bacteriological analysis performed on these showed that 46 % of the samples were drinkable and 49 % of them were not drinkable according to the national and international standards for drinking water quality. Additionally, 47,4 % of the samples had Coliform bacteria, 27,4 % had Enterococcus, 17,9 % had *Escherichia coli* and 14,7 % had Fecal coliform which showed that they were out of the standards. On the other hand, 48,4 % of the samples were compatible with the values indicated in the standards.

Keywords: *Escherichia coli*, Natural spring waters, Bacteriological analysis

GİRİŞ

Su, yaşamının tüm formlarını destekleyen ve dolayısıyla yaşam için vazgeçilmez olan en temel bileşiktir. Kentsel, endüstriyel ve iklimsel gelişmede öngörülen değişiklikler içme suyunun bütünlüğünü ve sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Düzensiz kentleşme, aşırı nüfus artışı, bozulan çevre şartlarıyla sera gazlarındaki artış ve aşırı sanayileşme ile artan endüstriyel atıklar gibi nedenlerle içilebilir su kaynakları giderek azalmakta, kimyasal ve bakteriyolojik kirliliğin boyutları her geçen gün artmaktadır (Muluk vd., 2013). Sularda patojenik bakteri, mantar, alg, patojenik protozoa gibi organizmaların bulunması ile oluşan kirlilik biyolojik kaynaklı su kirliliğini oluşturur. İçme suyu ve kaynaklarda fekal kirlenme kontrolü birincil öneme sahiptir. *Escherichia coli* (*E.coli*) gibi fekal indikatör bakteriler dışkı kirlenmesinin en önemli göstergesidir (Murcia vd.,2017;

WHO, 2011). İnsan ve hayvan dışkılarıyla kirlenmiş sularla tifo, dizanteri, kolera ve birçok bağırsak enfeksiyonu ve asalaklar yayılabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) kaynaklarına göre Amerika Birleşik Devletleri'nde bile her yıl sudan kaynaklanan yaklaşık 70.000 hastalık vakası bildirilmektedir. Bu hastalıkların en büyük kaynağı foseptik ve kanalizasyondur (Sönmez ve Çizmecioğlu, 2007). Suda bulunan bakteriler, *Spirillum*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium* cinsi bakterilerden oluşan suyun doğal mikroflorası olan bakteriler; *Bacillus*, *Streptomyces*, *Enterobacteriaceae*'nin saprofit türlerinden oluşan topraktan suya karışan mikroorganizmalar; Fekal koliformlar, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium*

perfringens ve diğer bağırsak patojenlerinden oluşan insan ve hayvan dışkıları ile kirlenme sonucu suda bulunabilen bakterilerdir. *Salmonella* tipleri, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus anthracis*, *Francisella tularensis*, *Pasteurella* tipleri, *Leptospirae* tipleri, *Chlamydiae psittaci* gibi türler su kirliliğine neden olan bakterilerdir (Guzman-Fernandez vd., 2016; Can, 2011).

Koliform Bakteriler, fakültatif anaerobik, Gram-negatif, sporsuz, çubuk şeklinde, 48 saatte 35°C'de laktozu fermente ederek gaz oluşturan bakterilerdir (APHA,2012). Koliform grubu bakteriler; Enterobacteriaceae familyası içinde yer alırlar. Su mikrobiyolojisi açısından önemli olan *E.coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Serratia*, *Edwardsiella*, *Proteus*, *Providencia*, *Arizona* ve *Erwinia* cinsleri koliform grubu bakterilerdir. Koliformlar, insan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsak sistemlerinde bulunurlar. Bu açıdan fekal kontaminasyonun en iyi indikatörleri olarak değerlendirilirler. *E.coli* içme suyunda kesinlikle bulunmamalıdır ve dışkı kaynaklı kirlenmesinin kesin kanıtıdır (Hyland vd., 2003; Shafi vd., 2017). Enterobacteriaceae familyasının bir üyesi olan *E.coli*, beta-galaktozidaz ve beta-glukorinidaz enzimlerinin bulunmasıyla karakterizedir. Boyu 2-6 µm ve eni 1-1.5 µm olan basil şeklinde, Gram negatif, bazen hareketli, fakültatif anaerob, 1-2 mm çapında S tipi koloniler oluşturan bakterilerdir. Glikoz, laktoz, maltoz, mannitol ve ksiloz'u fermente ederek asit ve gaz oluştururken, sükröz, salisin, rafinozu fermente etme etkisi değişkendir. Adonitol ve inozitol'ü ise genellikle fermente etmezler (Rifaat vd., 2014). Bu çalışmanın amacı İstanbul ili Anadolu yakasının farklı bölgelerinde halkın kullanımına açık olan doğal kaynak suyu çeşmelerinin bir yıllık dönem içinde (2014 yılı/12 ay) bakteriyolojik kalite parametrelerinin incelenmesi ve insan sağlığı açısından değerlendirilmesidir.

MATERYAL VE METOT

Doğal kaynak suyu çeşmelerinin özellikleri

İstanbul ili Anadolu yakasında bulunan değişik yerleşim alanlarından farklı bölgeleri temsil edebilecek şekilde 10 adet kaynak suyu çeşmesi belirlenerek (N1-N10), Ocak 2014-Aralık 2014 arasında 12 ay süreyle her ay bakteriyolojik analizler için numuneler alındı. Numune alma işlemleri; TS EN ISO 5667-1 (2008), TS EN ISO 5667-3 (2013) ve TS ISO 5667-5 (2008) standartlarına göre yapıldı. Bakteriyolojik analizler için numune alma, muslukların temizlenmesi, dezenfeksiyonu ve suyun boşa akıtılmasıyla ilgili işlemler TS EN ISO 19458 2006 standardına göre uygulandı. Numune alma kapları olarak, Pasteur fırınında (kuru sıcak hava ile) 160°C'de en az 2 saat bekletilmek suretiyle sterilizasyonu sağlanmış olan 700 ml'lik koyu renkli cam şişeler kullanıldı. Bakteriyolojik analizler için sterilize edilmiş, temiz, kuru, hasarsız, 700 ml hacimli, kapakla sıkıca kapatılabilen, numune bileşimini koruyacak uygun malzemeden yapılmış koyu renkli cam şişeler numune kabı olarak kullanıldı. Toplanan numuneler portatif buzluklarda buz kalıpları ile taşınarak örneklerin ısınması engellendi. Numuneler laboratuvarında açılıncaya kadar sızdırmaz bir şekilde muhafaza edildi.

Membran filtrasyon yöntemi

Membran filtrasyon yöntemi, büyük partikül içermeyen sıvıların analizlerinde kullanılır. Bunun başında da su analizleri gelmektedir. Amaç sıvı örnek içerisindeki partiküllerin fiziksel olarak tutulmasını sağlamaktır. Bunu gerçekleştirmek için uygun por çapına sahip filtreler kullanıldı. Bu çalışmada koliform bakteri ve *E.coli* sayısı, enterokok bakteri sayısı, fekal koliform bakteri sayısı tayin yöntemlerinde membran filtrasyon yöntemi kullanıldı. Membran filtrasyon sisteminde analiz yapılırken ilk önce çalışma alanı dezenfekte edildi. Besiyerleri 3,5 ml steril distile su ile ıslatıldı. Paslanmaz çelik hunilerin iç yüzeyi, kapağı ve filtre tutucu ateşten geçirildi. Pens ateşten geçirildi ve kısa bir süreliğine soğuması sağlandı. Membran çıkarılarak membran filtre tutucu üzerine yerleştirildi. Musluk açılıp, vakum pompası çalıştırılarak numune filtre edildi. Hava kabarcıkları oluşturmadan filtre besiyeri üzerine yerleştirildi. Besiyerlerinin uygun sıcaklık ve sürelerde inkübasyonunun sonunda üreyen koloniler değerlendirildi (TSE, 2006).

Koliform bakteri ve *E.coli* sayısı tayin yöntemi

Koliform Bakteri ve *E.coli* sayımında; TS EN ISO 9308-1, *E.coli* ve koliform bakterilerin tespiti ve sayımında membranla süzme yöntemi kullanıldı. Membran filtrasyon sistemi çalışmadan önce steril edildi. Türe özgü Tergitol besiyeri üretici firmanın verdiği talimatlara göre 3,5 ml steril saf su ile ıslatıldı. 0.45 µm por çapına sahip steril membran filtre, steril pens kullanılarak membran filtrasyon sisteminin porlu tablası üzerine yerleştirildi. Tabla üzerine dikkatlice huni sistemi yerleştirildi ve kilitleti. Çalışılacak numunenin 250 ml'si bakterileri tutan membran filtre üzerinden, steril edilmiş membran filtrasyon sisteminden süzülür. Numune vakum ile filtre edildi. Huninin kilidi açılarak membran filtre steril pens ile havadan oluşabilecek kontaminasyonları önlemek için hemen Tergitol besiyeri üzerine, membran filtre ile besiyeri arasında hava kalmayacak şekilde yerleştirilerek (36±2)°C'de (21±3°C) saat inkübasyona bırakıldı. Membran filtre üzerinde sarı ve turuncu-sarı renkli koloniler ve membran filtre altında ise sarı nokta oluşturan laktoz pozitif bakteriler sayıldı.

Tergitol besiyerinde koliform bakteri kırmızı koloniler, *E.coli* ve *Enterobacter aerogenes* ise turuncu-sarı koloniler oluştururlar. Besiyerinde üreyen bu laktoz pozitif kolonilerden 5 tipik ve 5 atipik (parlak olmayan) koloni alınarak TSA besiyerine her koloniden ayrı ayrı ekim yapıldı ve (36±2)°C'de (21±3°C) saat inkübe edildi. İnkübasyon sonrasında oluşan kolonilerden doğrulama deneyi olarak oksidaz ve indol deneyleri yapıldı. Oksidaz testi için N,N-Dimethyl-1,4- phenylene diammonium chloride (0,1 µmol) ve α-naphthol (1,0 µmol) içeren oksidaz stripler kullanıldı. Steril plastik öze yardımıyla koloninin bir kısmı oksidaz strip üzerine sürüldü. 30 saniye içinde koyu mavimor rengin ortaya çıktığının görülmesi pozitif reaksiyon olarak kabul edildi. İndol testinde TSA besiyerinde üreyen kolonilerden triptofan sıvı besiyeri bulunan cam tüpe birer öze dolusu inoküle edildi ve (44±0.5)°C'de (21±3°C) saat inkübasyona bırakıldı. İçerisine 0.2 ml-0.3 ml kovacs reaktifi ilave edilmek suretiyle indol üretimi incelendi. Sıvı besiyeri yüzeyinde kiraz kırmızısı

bir rengin oluşması indol üretimini doğrular ve testin pozitif olduğunu gösterir. Oksidaz negatif reaksiyon veren bütün koloniler koliform bakteri, oksidaz negatif ve indol pozitif reaksiyon veren bütün koloniler ise *E.coli* olarak sayıldı. Membran filtre üzerinde sayılan karakteristik koloniler ve yapılan doğrulama testlerinin sonuçlarının da dikkate alınmasından sonra ISO-8199'a uygun olarak numunenin 250 ml'sinde mevcut koliform bakteri ve *E.coli* sayıları hesaplandı. Analiz sırasında pozitif kontrol olarak *E.coli* (ATCC 25922), negatif kontrol olarak da *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) kullanıldı (TSE, 2011).

Enterokok bakteri sayısı tayin yöntemi

Enterokok bakteri sayımı tayininde, TS EN ISO 7899-2 membran filtrasyon yöntemi kullanıldı. Membran filtrasyon sistemi çalışmadan önce steril edildi. Türe özgü Azid besiyeri üretici firmanın verdiği talimatlara göre 3,5 ml steril saf su ile ısıtıldı. 0.45 µm por çapına sahip steril membran filtre, steril pens kullanılarak membran filtrasyon sisteminin porlu tablası üzerine yerleştirildi. Tabla üzerine dikkatlice huni sistemi yerleştirildi ve kilitlendi. Çalışılacak numunenin 250 ml'si bakterileri tutan membran filtre üzerinden steril edilmiş membran filtrasyon sisteminden süzüldü. Numuneler, vakum ile filtrelendi. Huninin kilidi açılarak membran filtre steril pens ile havadan oluşabilecek kontaminasyonları önlemek için hemen Azid besiyeri üzerine, membran filtre ile besiyeri arasında hava kalmayacak şekilde yerleştirilerek (36±2)°C'de (44±4°C) saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyondan sonra tipik olarak koloninin ortasında veya etrafında, kırmızı, mor veya pembe renk oluşumu ile ortaya çıkan tüm koloniler dikkate alındı. Tipik kolonileri içeren membran ve koloniler steril pens ile, ters yüz etmeden önceden 44°C'de ısıtılmış Bile Aesculin Agarlı (BAA) petri kabına aktarıldı. (44±0.5)°C'de 2 saat inkübe edildi. İki saatin sonunda plaklar hemen okundu. Çevresindeki besiyerinde ten renginden siyah renge kadar değişebilen renkler oluşturan tüm tipik koloniler pozitif reaksiyon vermiş olarak kabul edilerek bağırsak enterokoku olarak sayıldı (TSE, 2002).

Fekal koliform bakteri sayısı tayin yöntemi

Fekal koliform bakteri sayımı tayininde American Public Health Association (APHA, 2012) yöntemi kullanıldı (APHA, 2012).

İstatistiksel analizler

Bu çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel yönden değerlendirilmesinde Statistica®ver.9.1 software (StatSoft, Inc., Tulsa, USA, 2009) kullanılmıştır. p≤0.05 değeri anlamlı kabul edilmiştir. Anadolu yakasına içme suyu sağlayan en önemli kaynak suyu çeşmeleri ve buldukları bölgeler Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Anadolu yakası doğal kaynak suyu çeşmeleri ve bölgeleri
Table 1. The spring water fountains and their areas on Anatolian side

Istasyon/Numune	Kaynak suyu çeşmeleri	Buldukları bölgeler
N1	Başibüyük	Başibüyük Mahallesi (Maltepe)
N2	Ferah	Büyük Çamlıca Mahallesi (Çamlıca)
N3	Göztepe	Göztepe Mahallesi (Kadıköy)
N4	Haminnine	Küçük Çamlıca Mahallesi (Çamlıca)
N5	İçerenköy	İçerenköy Mahallesi (Ataşehir)
N6	Kayışdağ	Kayışdağ Mahallesi (Ataşehir)
N7	Kozyatağı	Kozyatağı Mahallesi (Kadıköy)
N8	Sahrayıcedit	Sahrayıcedit Mahallesi (Kadıköy)
N9	Tatlısu 1	Esenkent Mahallesi (Maltepe)
N10	Tatlısu 2	Esenkent Mahallesi (Maltepe)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada İstanbul ili Anadolu Yakası'nda değişik yerleşim alanlarından farklı bölgeleri temsil niteliği taşıyabilecek 10 adet kaynak suyu çeşmesinden bir yıllık sürede (2014 yılı /12 ay) temin edilen 95 örnekte yapılan bakteriyolojik analizlerde 46 örneğin ulusal ve uluslararası standartlara göre bakteriyolojik bakımdan içilebilir nitelikte, 49 örneğin ise içilemeyecek nitelikte bakteriyolojik kirliliğe sahip olduğu görüldü. Numunelerimizin % 47,4'ünde Koliform bakteri; % 27,4'ünde Enterokok; % 17,9'unda *E. coli* ; % 14,7'sinde fekal koliform tespit edilerek standartlara uygun olmadığı görüldü.

Örneklerin % 48,4'ü ise standartlarda belirtilen değerlere uygun olduğu tespit edildi. Bakteriyolojik analizlerimizin sonucunda fekal koliform bakterilerin ve özellikle *E.coli*'nin tespiti kaynak suyu çeşmelerine fekal bulaşma olduğunu göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Bakteriyolojik yoğunluk özellikle sıcaklıkların yükseldiği ilkbahar-yaz aylarında daha yoğun olarak tespit edildi. Koliform bakteri konsantrasyonu en yoğun olarak eylül ayında N5 (İçerenköy Mahallesi, Ataşehir) kaynak suyu çeşmesinde 17000 kob/250ml olarak; en yoğun *E.coli* konsantrasyonu mayıs ayında N8 (Sahrayı Cedid Mahallesi, Kadıköy) kaynak suyu çeşmesinde 180 kob/250ml olarak; en yoğun Enterokok konsantrasyonu haziran ayında N2 (Büyük Çamlıca Mahallesi, Çamlıca) kaynak suyu çeşmesinde 70 kob/250ml olarak; en yoğun fekal koliform konsantrasyonu ise mayıs ayında N8 (Sahrayı Cedid Mahallesi, Kadıköy) kaynak suyu çeşmesinde 180 kob/250ml olarak belirlendi. İstasyonlara göre Ocak-Aralık 2014 ayları arasındaki bakteriyolojik analiz sonuçları Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ocak-Aralık 2014 arası doğal kaynak sularındaki bakteriyolojik analizler
Table 2. The bacteriological analysis of natural spring water between January-December 2014

İstasyonlar		Aylar											
N1	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	500	520	1100	130	-	-	130	-	-	-	-	150
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	-	-	58	-	-	-	-	0
Enterokok	kob/250 ml	10	10	25	30	-	-	13	-	-	-	-	35
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	5	6	-	-	60	-	-	-	-	0
N2	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	0	0	3	13	0	480	3	50	80	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	5	0
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	0	68	70	43	0	5	0	40	0
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	80	0
N3	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N4	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	0	0	18	0	-0	320	0	0	0	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N5	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	120	250	120	4800	300	140	17000	0	20	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	50	90	0	0	0	20	5	0	20	0
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	30	8	10	0	0	0
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	50	90	0	0	0	25	5	0	20	0
N6	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	0	0	0	1000	160	200	0	0	0	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	0	10	20	25	0	0	0	0
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	18	25	0	0	0	0
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	0	0	15	20	25	0	0	0	0
N7	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	0	30	230	3700	210	-	-	5	80	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	0	25	0	-	-	0	0	0
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	30	-	-	0	0	0
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	0	0	25	0	-	-	0	0	0
N8	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	0	0	0	3000	-	-	-	-	-	-	160
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	180	-	-	-	-	-	-	100
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	5	8	-	-	-	-	-	-	5
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	0	180	-	-	-	-	-	-	100
N9	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	0	10	0	0	2200	70	0	30	1200	220	190	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Enterokok	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	30	5	0	0
Fekal koliform	kob/250 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0
N10	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Koliform bakteri	kob/250 ml	75	85	0	0	90	2000	0	-	-	0	40	0
<i>E.coli</i>	kob/250 ml	0	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	0
Enterokok	kob/250 ml	25	30	0	0	0	0	15	-	-	3	0	0
Fekal koliform	kob/250 ml	10	15	0	0	0	3	5	-	-	0	0	0

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2008), Avrupa Birliği (EC, 1998), Türk Standartları Enstitüsü İçme Suyu Standardı (TSE, 2005), ve Sağlık

Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte belirtilen bakteriyolojik parametreler ile ilgili sınırlar (2013) Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 3. İçme sularında olması gereken bakteriyolojik kalite parametreleri
Table 3. The bacteriological quality parameters that should be in drinking waters

	Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2011)	ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2008)	Avrupa Birliği (EC, 1998)	TSE İçme suyu standartı 266 (2005)	İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelik
Koliform Bakteri (kob/250ml)	0	0	0	0	0
<i>E. coli</i> (kob/250ml)	0	0	0	0	0
Enterokok (kob/250ml)	0	-	0	0	0
Fekal koliform kob/250ml)	-	-	-	-	0

Bu çalışmada, İstanbul ili Anadolu yakasında bulunan, halkın kullanımına sunulmuş doğal kaynak suyu çeşmelerinin bir yıllık süreçte (2014 yılı/12 ay) bakteriyolojik kalite parametrelerinin incelenmesi ve elde edilen verilerin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Halkın yararına sunulan kaynak suyu çeşmelerinin içme ve kullanma amaçlarına yönelik olarak kullanılabilmesi için insan sağlığını tehdit edici unsurları barındırmamaları ve insan sağlığına uygun su kalitesine sahip olmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, kaynak suyu çeşmelerimizin su kalitesi parametreleri açısından WHO, EPA, EC ve Türk Standartları Enstitüsü TS 266 içme suyu standardı ve Sağlık Bakanlığı insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte ifade edilen özelliklere uygunlukları değerlendirildi.

İçme suyu kaynaklı en önemli tehdit edici faktör patojen mikroorganizmaların varlığıdır (Dunn, 2014). Suların mikrobiyal kalitesinin tespiti fekal indikatör mikroorganizmaların analizine dayanmaktadır. Bunlar *E.coli* veya alternatif termotolerant koliformlar olarak seçilen organizmalardır. Yani fekal koliformlar ve *E.coli* yaygın olarak sulara fekal kontaminasyon göstergesi olarak kullanılmaktadır ve bu şekilde kesin olarak bu suların patojenik enterik bakteri varlığı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Ochoo vd., 2017). *E.coli* içme suyunda bulunmamalıdır ve dışkı kirlenmesinin kesin kanıtıdır. Enterokoklar insan ve hayvanların gastrointestinal sisteminde kommensal yaşayan, fırsatçı patojenlerdir ve idrar yolu enfeksiyonu, endokardit ve sepsise neden olan bakterilerdir (Poulsen vd., 2012; Shafi vd., 2017). Gümüş ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı bir çalışmada Karaman il merkezindeki 72 tatlı su çeşmesinden 28'inde (%38,8) bakteriyolojik kirlilik saptanmıştır. Örneklerden %31,94'ünde koliform Bakteri, %18'inde *Escherichia coli*, %12,5'inde hem koliform hem *E.coli* bulunmuştur (Gümüş, 2012). Yelekçi vd. 2012 yılında yaptığı diğer bir çalışmada Kilis ili şebeke sularından alınan 90 örnekte, beş tanesinin mikrobiyolojik kirlilikten yani koliform bakteri ve *E.coli* bakımından içmeye uygun olmadığı tespit edilmiştir. Şekerci

vd. 2012 yılında yaptığı çalışmada ise Erzurum il merkezinde rastgele seçilen 45 çeşmeye ait mikrobiyolojik analizler sonucunda 10 örnekte (%22,7) hem toplam hem de fekal koliform bakteriye rastlanmıştır. Ağaoğlu vd. 2007 yılında yaptıkları benzer bir çalışmada Van ili merkezindeki kaynak/çeşme sularından alınan örneklerin %56'sı; ilçelerdeki kaynak/çeşme sularının ise %76'sı koliform grubu mikroorganizmalar yönünden standartlara uygun bulunmamıştır. Yiğit 2002'de yaptığı çalışmada İstanbul İli Arnavutköy Beldesi civarındaki 14 farklı kaynak /köy çeşmelerinden sadece 3 tanesinde akan suların mikrobiyolojik olarak uygun olduğu, diğer kaynak suları ve köy çeşmelerinden akan suların ise içme suyu olarak kullanılamayacağı bildirilmiştir. Günşen vd. 2000 yılında Bursa, Uludağ'daki kaynak sularının su kalitesinin incelenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada kaynaklardan alınan 280 adet numunenin %7,69'unda koliform bakteri tespit edilerek mikrobiyolojik açıdan standartlara aykırı oldukları rapor edilmiştir. İçme sularının mikrobiyal kalitesinin tespiti fekal indikatör mikroorganizmaların analizine dayandığından halkın kullanımına sunulan kaynak suyu çeşmelerinin fekal koliform, *E.coli* ve Enterokok gibi fekal indikatör mikroorganizmaları barındırmaması gereklidir.

Bakteriyolojik analizlerimizin sonucunda fekal koliform bakterilerin ve *E.coli*'nin tespit edilmesi kaynak suyu çeşmelerine fekal kontaminasyon olduğunu göstermesi yönünden çok önemlidir. Sonuç olarak, halkın kullanımına açık olan kaynak suyu çeşmelerinin su kalitesi açısından sağlığı tehdit edici nitelikte olması önemli sağlık sorunlarına neden olması muhtemeldir. İçme ve kullanma sularında patojen mikroorganizmaların neden olacağı bakteriyolojik kirlenmenin tespiti ve muhtemel salgın hastalıkları önlemek için bakteriyolojik kontrollerinin sürekli olarak yapılması gerekmektedir. Bu nedenle kaynak suyu çeşmeleri düzenli aralıklarla denetlenmeli ve sağlığı tehdit edici özellikler gösterdiği takdirde bu durum giderilene kadar halkın kullanımına sunulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- Ağaoğlu, S., Alishanlı, M., Alemdar S., & Dede, S. (2007). Van Bölgesi İçme ve Kullanma Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. cilt 18(2):17-24.
- APHA (American Public Health Association) (2012). 9222-D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition, Washington, United States.
- Can, K. N. (2011). Çeşitli Su Örneklerinde Membran Filtrasyon ve Konvansiyonel Yöntemlerle Mikrobiyolojik Kalite Analizi Ve Antibiyotik Dirençliliğinin Saptanması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye: 22-24.
- Dunn, G., Henrich, N., Holmes, B., Harris L., & Prystajeky, N. (2014). Microbial water quality communication: public and practitioner insights from British Columbia. *Journal of Water and Health*. 12(3):584-595. doi: 10.2166/wh.2014.126
- E.C. (1998). Official Journal of the European Communities Directives 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. The European Parliament and The Council of the EU. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN>:
- EPA (Environmental Protection Agency, U.S.) (2008). Drinking water contaminants. U.S. EPA, Office of Water. <http://water.epa.gov/drink/contaminants/#Byproducts>.
- Guzman-Fernandez, R. & Contreras-Rodriguez, A. R, Hernandez-Valez, I. Perez-Martinez, A. Lopez-Merino, M.B. ve Zaidi Estrada-Garcia, T. (2016). Mexican unpasteurised fresh cheeses are contaminated with *Salmonella* spp., non-0157 Shiga toxin producing *Escherichia coli* and potential uropathogenic *E.coli* strains: A public health risk. *International Journal of Food Microbiology*. 237:10-16. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.018
- Güler Ç. & Çobanoğlu, Z. (1994). Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. 1.Baskı, Aydoğdu Ofset, Ankara, Türkiye.
- Gümüş, N. E. (2012). Karaman ili tatlı su çeşme sularının kimyasal ve bakteriyolojik yönden incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye.(31): 49-52.
- Günşen, U., Anar Ş., & Gündüz, H. (2000). Uludağ'daki Su Kaynaklarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 7(2):21-24.
- Hyland, R., Byrne, J. Selinger, B., Graham, T., Thomas, J., Townshend I. & Gannon, V. (2003). Spatial And Temporal Distribution of Fecal Indicator Bacteria within the Oldman River Basin of Southern Alberta, Canada. *Water Quality Research Journal of Canada*. 38(1):15-32.
- Muluk, Ç.B. & B. Kurt, A. Turak, A. Türker, M.A. Ö. Çalışkan Balkız, S. Gümürkçü, G. Sarıgül ve U. Zeydanlı. (2013). Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Demeği - Doğa Koruma Merkezi. Golden Medya Matbaacılık ve Ticaret A.Ş., İstanbul.
- Murcia, J.J. & Avila-Martinez, E.G. Rojas, H. Navio J.A. ve Hidalgo, M.C. (2017). Study of the *E.coli* elimination from urban wastewater over photocatalysts based on metallized TiO₂. *Applied Catalysis B: Environmental*. 200:469-476.
- Ochoo, B., Valcour, J. & Sarkar, A. (2017). Association between perceptions of public drinking water quality and actual drinking water quality: A community-based exploratory study in Newfoundland (Canada). *Environmental Research*. 159:435-443. doi: 10.1016/j.envres.2017.08.019
- Poulsen, L.L., Bisgaard, M., Son, N.T., Trung, N.V., An H.M., & Dalsgaard, A. (2012). *Enterococcus faecalis* Clones in Poultry and in Humans with Urinary Tract Infections, Vietnam. *Emerging Infectious Diseases Journal*. 18(7):1096-1100. doi: 10.3201/eid1807.111754
- Rıfaat, E.A., Tekiner İ.H., & Özpınar, H. (2014). Halk sağlığı açısından içme ve kullanma sularında Koliform ve Fekal Koliform bakterilerin varlıklarının klasik ve MASS spektrometresi yöntemleriyle incelenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 9(2):20-32.
- Shafi, S., Kamili, AN., Shah, MA., Parray, JA. & Bandh, SA. (2017). Aquatic bacterial diversity: Magnitude, dynamics, and controlling. *Microbial Pathogenesis*. 104:39-47. doi: 10.1016/j.micpath.2017.01.016
- Sönmez, G. & B. Çizmecioglu. (2007). Su ile Bulaşan Hastalıklar. *Türk Eczacıları Birliği Haberler Dergisi, İnsan Sağlığı ve Hastalıklar*. 4:29-32.
- Şekerci, P. (2012). Erzurum ili çeşme sularının mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal analizi ve izole edilen *Escherichia coli* suşlarının moleküler tiplendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye. 27:74-75.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2013). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik. *Resmî Gazete*. Sayı: 28580, Ankara, Türkiye.
- TSE. (Türk Standartları Enstitüsü) (2002). TS EN ISO 7899-2. Su Kalitesi – Bağırsak Enterokoklarının Tespiti ve Sayımı – Bölüm 2: Membran Süzme Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TSE. (Türk Standartları Enstitüsü) (2005). TS 266. Sular-İnsani tüketim amaçlı sular. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TSE. (Türk Standartları Enstitüsü) (2006). TS EN ISO 19458. Su kalitesi - Mikrobiyolojik analizler için numune alma. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TSE. (Türk Standartları Enstitüsü) (2011). TS EN ISO 9308-1. Su kalitesi – *Escherichia coli* ve Koliform Bakterilerin Tespiti ve Sayımı – Bölüm 1: Membranla Süzme Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- WHO (World Health Organization) (2011). Guidelines for drinking water quality. Enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC). <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/en/>.
- Yeleki, S., Acemioğlu B., & Avcı, H. (2012). Kilis İl Merkezi İçme sularının Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *BİBAD, Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*. 5(2):77-81.
- Yiğit, R. (2002). İstanbul İli Gaziosmanpaşa İlçesi Arnavutköy Beldesi Civarındaki Kaynak Sularının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye. 1-47.