

KAYNAK SULARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL KALİTELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

An Investigation on Physical and Chemical Quality of Spring Waters

Zöhre Seray DÖNDERİCİ¹, Aytaç DÖNDERİCİ¹, Fesem BAŞARI¹

¹Adana Hıfzıssıhha Enstitüsü
Müdürlüğü, ADANA

Geliş Tarihi: 15.07.2010
Kabul Tarihi: 11.11.2010

İletişim:
Zöhre Seray DÖNDERİCİ
Adana Hıfzıssıhha Enstitüsü
Müdürlüğü, ADANA
Tel : +90 312 402 40 42
E-posta : zseray@mynet.com

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı Adana Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarına 2009 yılı içerisinde analiz amacıyla gelen kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kalitelerinin değerlendirilmesidir. Su kalitesinin fiziksel ve kimyasal olarak değerlendirilmesinde renk, tat, koku, bulanıklık, iletkenlik, pH, alüminyum, demir, bor, arsenik, mangan, amonyum, ozon ve bromat parametrelerine yönelik analizler yapılmaktadır.

Yöntem: Analiz amacıyla laboratuvarımıza gelen kaynak sularının 59'unda renk, 22'sinde tat, 57'sinde koku, 61'inde bulanıklık ve bromat, 63'ünde pH, 62'sinde iletkenlik, 30'unda alüminyum ve demir, 15'inde bor, 18'inde arsenik ve mangan, 60'ında amonyum, 48'inde ozon çalışılmıştır. Analizlerde ISO (International Organization for Standardization), DIN (Deutsches Institut für Normung), TS (Türk Standardı) yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Bulgular: Kaynak sularının fiziksel analizleri sonucunda 61 örnekten yalnızca ikisinde (% 3,2) bulanıklık tespit edilmiştir. Örneklerin 63'ünde pH, 62'sinde iletkenlik bakılmış ve değerleri uygun bulunmuştur. Kaynak sularında yapılan kimyasal analizlerde 61 örneğin üçünde (% 4,9) bromat, 15 örneğin birinde (% 6,7) bor, 18 örneğin birinde (% 5,6) mangan ve 18 örneğin birinde (% 5,6) ise arsenik düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı belirlenmiştir. Çalışılan örneklerde alüminyum, amonyum, demir ve ozon saptanamamıştır.

Sonuç: Bromat miktarının yüksek bulunmasının ozonlama ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. İçme sularında bor, mangan ve arsenik bulunması ise sağlık açısından tehlike yaratabilecek bir kirlilik belirtisidir. Bu nedenle, kaynak sularının kimyasal ve fiziksel olarak kontrolünün halk sağlığı açısından gerekli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kaynak suyu, bromat, arsenik, su kalitesi

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to analyse the chemical and physical qualities of spring water coming to Water Chemistry Laboratory of Adana Hygiene Institute in 2009. The water quality parameters analysed were colour, flavor, odour, turbidity, conductivity, pH, iron, aluminum, boron, manganese, arsenic, ammonia, ozone and bromate.

Method: The spring water samples coming to the laboratory, colour in 59 samples, flavor in 22 samples, odour in 57 samples, turbidity and bromate in 61 samples, pH in 63 samples, conductivity in 62 samples, aluminum and iron in 30 samples, boron in 15 samples, arsenic and manganese in 18 samples, ammonia in 60 samples, ozone in 48 samples were studied. ISO (International Organization for Standardization), DIN (Deutsches Institut für Normung), TS (Turkish Standard) methods were used for study. The results evaluated according to criterion of “Regulation on the Quality of Water Intended for Human Consumption”.

Results: As a result of physical analysis of spring water, turbidity was assigned in just two (%3,2) of 61 samples. pH and conductivity were studied in 63 and in 62 samples respectively and all the values were appropriate. Higher concentrations than the regulation limits were found for bromate in three samples (4,9 %) of 61, and in one sample of respectively boron (6,7 %) out of 15, manganese (5,6 %) out of 18 and arsenic (5,6%) out of 18. Aluminum, ammonia, iron and ozone values in the analyzed samples were not found over the limits.

Conclusion: Being found of bromate rates high was related to ozonize. And found of boron, manganese and arsenic was a symptom of dangerous pollution in terms of health. So, spring water pollution control essential for public health.

Key Words: Spring water, bromate, arsenic, water quality

GİRİŞ

Hayatın en gerekli temel maddesi olan su, kimyasal ve fiziksel kirlenmelere son derece elverişli olması nedeniyle, yaşamı tehdit edebilen birçok hastalığın da kaynağı olabilmektedir. 1997 tarihinde çıkan “Doğal Kaynak, Maden ve İçme Suları ile Tıbbi Suların İstihsalı, Ambalajlanması ve Satışı” hakkında yönetmelikle su istasyonlarında açıktan satılan suyun halk sağlığı için önemli bir risk oluşturduğu tespit edilmiş ve açıktan su satışı yasaklanmıştır (1).

İçme suları ile ilgili standartlar Avrupa Uyum Yasaları çerçevesinde yeniden düzenlenmiş ve “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre kaynak suyu; jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan, yönetmeliğin izin verdiği dışında herhangi bir işleme tabi tutulmayan, özel nitelikler taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını kapsar (2,3).

Bu çalışmada, analize gelen kaynak sularının bazı fiziksel ve kimyasal içerikleri bakımından incelenmesi ve sağlık yönünden değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Ocak 2009- Aralık 2009 tarihleri arasında Akdeniz ve İç Anadolu bölgesinden

laboratuvarımıza gelen ve analize alınan 63 adet kaynak suyu örneği, talep edilen parametreler doğrultusunda “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”de belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiş olup, retrospektif olarak incelenmiştir (2).

Suların bulanıklık, renk, koku ve tat analizleri organoleptik olarak yapılmıştır (4). Çalışmada pH değerleri; pH metre (Hachlange HQ40D) ile iletkenlik değerleri de kondiktivite cihazı (Hachlange HQ40D) ile ölçülmüştür.

Kaynak suları; amonyum, ozon ve bromat için ön işlem yapılmadan, alüminyum, demir, bor, arsenik ve mangan analizleri için ise % 1’lik nitrik asit (HNO₃) ile asitlendirilerek analize alınmıştır (5-8).

Suların amonyum, ozon analizleri UV-VIS spektrofotometre (DR 5000) ile, alüminyum, demir, bor, arsenik, mangan analizleri ICP-MS (Agilent 7500-CX) ile bromat ise iyon kromatografisi (Dionex 3000) ile çalışılmıştır.

Amonyum DIN 38406-E5 (5), ozon ISO 7393-2 (6), bromat TS EN ISO 15061 (7), alüminyum, demir, bor, arsenik, mangan ISO 17294-2 (8) yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Ayrıca pH analizi için TS 3263 ISO 10523 (9), elektriksel iletkenlik tayini için ise TS 9748 EN 27888 (10) yöntemleri kullanılmıştır.

BULGULAR

Fiziksel analizler sonucunda kaynak sularının 22’sinde tat, 57’sinde koku, 59’unda renk ve 61’inde

bulanıklık analizi yapılmış olup; suların tamamının renksiz, kokusuz, normal tatta olduğu sadece iki örnekte (% 3,2) bulanıklık olduğu gözlenmiştir.

Örneklerin 63'ünde pH, 62'sinde iletkenlik, 30'unda alüminyum ve demir, 15'inde bor, 18'inde mangan ve arsenik, 60'ında amonyum, 48'inde ozon ve 61' inde bromat çalışılmıştır. 61 örneğin üçünde (% 4,9) bromat, 15 örneğin birinde (% 6,7) bor, 18 örneğin birinde (% 5,6) mangan, 18 örneğin birinde (% 5,6) ise arsenik düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı belirlenmiştir. Çalışılan örneklerde alüminyum, amonyum, demir ve ozon bulunamamıştır. pH ve iletkenlik değerleri ise uygun bulunmuştur.

Test edilen kaynak suyu örneklerinden elde edilen kimyasal bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

TARTIŞMA

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 olmalıdır. Suyun tadı, suda çözülmüş oksijen ve karbondioksit gazlarına, içerdiği diğer kimyasal maddelere, suyun sıcaklığına göre değişmektedir. Suyun bulanıklığı ve rengi; içerdiği asılı ve koloidal haldeki organik ve inorganik maddelerden kaynaklanır (11).

Ağaoğlu ve ark.(12), Van ve yöresindeki 15 ayrı kaynaktan aldıkları 30 adet su örneğinde yaptıkları çalışmada; kaynak sularının tamamının renksiz, kokusuz, berrak, normal tatta olduğunu tespit etmişlerdir. Günşen ve ark.(13) ise Bursa Uludağ' da bulunan 28 adet pınar kaynağının su kalitesini

Tablo 1. Adana Hıfzıssıhha Enstitüsü'nde 2009 yılında kaynak sularında çalışılan kimyasal parametreler ve elde edilen değerler

Parametre	Çalışılan Örnek	Uygun Olmayan Örnek	*Tayin Limiti ve Tayin Limiti Altında Kalan Örnek Sayısı	* Tayin Limitinin Üstünde Tespit Edilen En az-En Çok Değerler ve Örnek Sayısı	İ.T.A.S.Y.D.
	n	n (%)	[n (%)]	[n (%)]	
pH	63	-	-	6,71-8,21 [63 (100)]	≥4,5 ve ≤9,5
İletkenlik(µs/cm)	62	-	-	25,9-195,5[62 (100)]	2500 (20°C)
Alüminyum(µg/l)	30	-	<1 [13 (43,3)]	1,6-178 [17 (56,7)]	200
Demir (µg/l)	30	-	<1 [16 (53,3)]	2,4-86,64 [14 (46,7)]	200
Bor (mg/l)	15	1 (6,7)	<0,1 [14 (93,3)]	2,59** [1 (6,7)]	1
Arsenik (µg/l)	18	1 (5,6)	<0,5 [10 (55,6)]	0,6-29,41 [8 (44,4)]	10
Mangan(µg/l)	18	1 (5,6)	<0,5 [15 (83,3)]	8,9-122,3 [3 (16,7)]	50
Amonyum (mg/l)	60	-	<0,02 [55(91,7)]	0,021-0,087 [5 (8,3)]	0,5
Ozon (µg/l)	48	-	<10 [3 (6,3)]	11-48 [45 (93,7)]	50
Bromat (µg/l)	61	3(4,9)	<0,3 [52 (85,2)]	0,363-66,9 [9(14,8)]	3

* Tayin Limiti: Analizde ölçülebilen en düşük miktar.

** Sadece tek örnekte saptanmıştır.

İ.T.A.S.Y.D.: İnsani Tüketin Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Değeri (2).

inceledikleri araştırmada, kaynak çıkış noktasından alınan örneklerin renk, bulanıklık, koku, tortu açısından “Gıda Maddeleri Tüzüğü”ne uygun olduğunu saptamışlardır. Çalışmamızda örnekler tat, koku ve renk açısından yönetmeliğe uygun bulunmasına rağmen sadece iki örnekte bulanıklık tespit edilmiştir. Fiziksel özellikler açısından örnekler diğer çalışmalar ile genel olarak benzerlik göstermiştir.

pH, bir çözeltinin hidrojen iyonu aktivitesinin eksi logaritmasına eşittir. Suyun pH'sında, sudaki çözünmüş halde bulunan karbonat, bikarbonat ve karbondioksit miktarlarının da etkisi vardır. Sulardaki kimyasal reaksiyonlar ve biyolojik yaşam için pH önemli bir faktördür (14). Bu çalışmada kaynak sularının pH değerleri 6,71-8,21 arasında bulunmuştur. Belirlenen bu değerler yönetmelikteki 4,5-9,5 arasındaki pH değerlerine uygun aralıktadır. Ülkemizde yapılan diğer çalışmalarda da pH değeri; Van ve yöresindeki kaynak sularında 6,95-8,16 (12), Bursa Uludağ'daki kaynak sularında 6,8-7,4 (13), Bursa Büyükşehir Belediyesi kaynak sularında 6,5-8,2 (15), Elazığ bölgesi kaynak sularında 7,7 (16) ve Harbiye kaynak sularında ise 7,7-8,0 (17) olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar da bizim elde ettiğimiz sonuçlarla benzer değerlerde bulunmuştur.

Yer altı sularının özgül elektriksel iletkenliği bir santimetre küp suyun 25°C'de iletkenliği olarak tanımlanır ve sıcaklıkta her 1°C'lik artış elektriksel iletkenliği % 2 arttırır. Elektriksel iletkenlik suyun çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak artar. Spesifik iletkenlik microsiemens/cm ($\mu\text{s}/\text{cm}$) olarak ifade edilmektedir (18). Çalışılan kaynak sularının iletkenliği 25,9-195,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ arasında bulunmuştur. Yönetmelik standart değeri 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 'ye kadar izin verdiği için çalışılan örnekler uygun aralıktadır.

Topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasıyla suya ve oradan bitkilere geçer. Doğal su kaynakları ve denizlerde değişen oranlarda arsenik bulunmaktadır. Suyun ısısının arttığı yerlerde arsenik

oranı da artmaktadır (19). Arsenik miktarı bakımından yönetmelik standart değeri en çok 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ 'dir. Çalışılan bir örnekte arsenik 29,41 $\mu\text{g}/\text{l}$ bulunmuş ve yönetmelik değerini aşmıştır. 10 örnekte arsenik tayin limit değerinin (0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$) altında kalmıştır. Diğer yedi örnekte ise arsenik en az 0,6 $\mu\text{g}/\text{l}$, en çok 4,15 $\mu\text{g}/\text{l}$ olarak bulunmuştur. Ülkemiz içme ve kullanma sularındaki arsenik yönünden nispeten şanslı bir konumdadır. İçme suyu kaynağı olarak kuyu suyu kullanmak zorunda olan birkaç il dışında genel olarak ülkemizde arsenik yönünden herhangi bir sorun görünmemektedir. Sorun olan illerde saptanan değerler ise yüksek olmakla birlikte izin verilen sınır değere çok yakındır (20). Günşen ve ark., çalışmalarında Bursa Uludağ'daki pınar kaynaklarında arsenik tespit edememişlerdir (13). Bu sonuç bizim sonucumuzla uyumlu değilse de sulardaki arsenik düzeylerinin çeşitliliği arazinin coğrafi yapısına, artezyen ve kuyu sularının derinliklerine ve kirletici kaynaklarının durumuna bağlı olabilir (21).

Demir ve mangan yeryüzü kabuğunda bol bulunan elementlerden olup, su kaynaklarında istenmeyen maddelerdir. Bu elementler topraktan ve kayalardan sızma yoluyla sulara geçerler. Yer altı ve yer üstü su kaynaklarında manganın içme ve işlenmiş sulardan giderilmesi büyük önem taşımaktadır. Doğal sulardaki mangan konsantrasyonu 0,2 mg/l'den daha az olmasına rağmen, yer altı sularında 10 mg/l'ye kadar ulaşabilmektedir (22,23).

Demir, 16 örnekte tayin limitinin (1 $\mu\text{g}/\text{l}$) altında bulunmuştur. Diğer 14 örnekte ise demir miktarı 2,4-86,64 $\mu\text{g}/\text{l}$ arasında tespit edilmiştir ve bu sonuçlar yönetmeliğe uygundur. Yönetmelik değeri demir için en çok 200 $\mu\text{g}/\text{l}$ 'dir (2). Elde edilen bu sonuç Ağaoğlu ve ark.(12) ve Günşen ve ark.(13) tarafından yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Mangan içeriği bakımından yönetmelik standart değeri 50 $\mu\text{g}/\text{l}$ verilmiştir (2). Mangan düzeyi sadece bir örnekte 122,3 $\mu\text{g}/\text{l}$ ile yüksek bulunmuştur. 15 örnek tayin limiti (0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$) altında kalmıştır. Diğer üç örnekteki mangan miktarı ise en az 8,9,

en çok 11,1 olarak bulunmuştur. Günşen ve ark. (13) ise Uludağ kaynak sularında mangan tespit etmemişlerdir.

Ülkemiz dünya bor rezervinin % 64'üne sahiptir. Ülkemizin jeolojik yapısı dolayısı ile bor yatakları ve bor işletmelerine yakın yerlerde çok sayıda yerleşim birimi vardır. Borun suya etkisi iki açıdan olur. Birincisi, içme sularına etkisi, diğeri ise tarımsal sulara olan etkisidir (24). Borun mevzuata göre en çok değeri 1 mg/l'dir (2). Çalışmamızda sadece bir örnekte 2,59 mg/l bor bulunmuştur. Diğer 14 örnekte ise tayin limitinin (0,1 mg/l) altında tespit edilmiştir. Velioglu ve ark. (25) Balıkesir, Kütahya ve Eskişehir'in bazı ilçelerine bağlı köylerden aldıkları su örneklerini bor miktarı açısından incelemişler; toplam sekiz su örneğinden yalnızca Bademli Köyü suyunun bor miktarı açısından ideal düzeyde olduğunu; İskele, Osmanca ve Seyitgazi'de saptanan değerlerin ise üst limiti oldukça aştığını bildirmişlerdir.

Amonyum iki basamaklı biyolojik oksidasyon ile uygun reaksiyon şartlarında kolaylıkla önce nitrite, sonrasında ise nitrate dönüşmektedir. Oluşan nitrit, bebeklerde ölümcül mavi hastalığa sebep olurken, yetişkinlerde ise amin ve amidlerle birleşerek kanserojen maddelerden olan nitrozaminlerin sentezlenmesinde aktif rol oynar. Ayrıca amonyum serbest klorla reaksiyona girerek kloraminleri oluşturmaktadır (26). Çalışmamızda amonyum 55 örnekte tayin limitinin (0,02 mg/l) altında bulunmuştur. Diğer beş örnekte elde edilen en az değer 0,021 mg/l, en çok değer 0,087 mg/l'dir. Amonyum mevzuat değeri en çok 0,5 mg/l'dir (2).

Alüminyum 13 örnekte tayin limitinin (1 µg/l) altında bulunmuştur. Diğer 17 örnekte ise 1,6-178 µg/l arasında bulunmuştur. Alüminyum için mevzuat değeri en çok 200 µg/l olarak verilmiştir (2).

Güçlü bir oksidan olan ve hidroksil radikalleri oluşturan ozon; demir, sülfür ve mangani oksitleyip daha kolay çökmesinde ve böylelikle sudan filtrelenmesinde, etkin tat ve koku kontrolünde klordan çok daha üstündür. Ancak bromür iyonu bulunan suların ozonlanmasıyla, bromat gibi kanserojen olan dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluştuğu görülmüştür (27). Kartal ve ark. (28) Çorum ilinin şebeke, kuyu ve kaynak sularını, farklı ozon miktarları vererek bazı kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özellikleri bakımından ozonlama öncesinde ve ozonlama sonrasında incelemişler ve ozonlama işlemiyle daha kaliteli içme ve kullanma suyu elde edildiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda ozon sadece üç örnekte tayin limitinin (10 µg/l) altında bulunmuştur. Diğer 45 örnekte ise 11-48 µg/l arasında tespit edilmiştir. Mevzuata göre en çok değeri ozon için 50 µg/l (2), bromat için ise 3 µg/l'dir (2). Bromat 52 örnekte tayin limitinin (0,3 µg/l) altında çıkmıştır. Üç örnekte 3 µg/l'nin üzerinde diğer altı örnekte ise en az 0,363 µg/l, en çok 1,94 µg/l olarak saptanmıştır.

Almanya'da içme sularının hazırlanmasında ozon kullanan bazı işyerlerinde, rutin analiz olarak bromat miktarı incelenmiş; bromür içeren suların ozonlanması esnasında bromat oluştuğu ve miktarının 10 µg/l'yi aşabildiği belirlenmiştir (29).

Sonuç olarak; ülkemizde son yıllarda kullanımı artmaya başlayan bir dezenfektan olan ozonun kaynak sularında kullanılmasına bağlı olarak bromata rastlanmaktadır. Bor, mangan ve arsenik bulunması ise bir kirlilik belirtisi olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle yetkili kurumlarca periyodik kontrollerin yapılması, risk analizi yaparak gerekli önlemlerin alınması, halkımızın sağlıklı su içme ve kullanma yönünden bilgilendirilmesi, toplum sağlığı açısından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Doğal Kaynak, Maden ve İçme Suları ile Tıbbi Suların İstihali, Ambalajlanması ve Satışı Hakkında Yönetmelik. 18 Ekim 1997.
2. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 tarih, 25730 sayılı Resmî Gazete.
3. Anonymous. Official Journal of the European Communities. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998. On The Quality Of Water Intended For Human Consumption. L 330 Volume 41, 5 December 1998, p:32.
4. Türk Standardları Enstitüsü, TS 266. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, 29 Nisan 2005.
5. Deutsches Institut für Normung (DIN) 38406-E5. Amonyum Tayini. Hach Lange. United for water quality. 2008.
6. International Organization for Standardization (ISO) 7393-2. Ozon Tayini. Hach Lange. United for water quality. 2005.
7. Türk Standardları Enstitüsü, TS EN ISO 15061. Su Kalitesi- Çözünmüş Bromat Tayini- İyonların Sıvı Kromatografi Yöntemi İle Tayini, 16 Nisan 2003.
8. International Organization for Standardization (ISO) 17294-2. Water Quality-Application of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). 01.09.2003.
9. Türk Standardları Enstitüsü, TS 3263 ISO 10523. Su Kalitesi-pH Tayini. 13 Nisan 1999.
10. Türk Standardları Enstitüsü, TS 9748 EN 27888. Su Kalitesi-Elektriksel İletkenlik Tayini, 4 Nisan 1996.
11. Dedeakayoğulları H, Önal A E. Çevre-insan sağlığı ilişkisi açısından su ve su analizinin önemi. İst Tıp Fak Derg, 2009; 72(2):65-70.
12. Ağaoğlu S, Ekici K, Alemdar S, Dede S. Van ve yöresi kaynak sularının mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine araştırmalar. Van Tıp Dergisi, 1999; 6(2): 30-3.
13. Günşen U, Anar Ş, Gündüz H. Uludağ'daki su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 2000; 7(2): 21-4.
14. Alemdar S, Kahraman T, Ağaoğlu S, Alişarlı M. Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. Ekoloji, 2009; 19,73: 29-38.
15. Sönmez S. Bursa Büyük Şehir Belediyesi içme sularının (baraj, kuyu ve kaynak) bazı kimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik kirliliği üzerinde bir araştırma. (Alınmıştır: Alemdar S, Kahraman T, Ağaoğlu S, Alişarlı M, 2009. Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri) UÜ Vet Fak Derg, 1992; 3,11: 1-9.
16. Patır B, Güven AM, Arslan A. Elazığ bölgesi içme ve kullanma, kaynak, kuyu ve göl sularının hijyenik kaliteleri üzerinde araştırmalar. FÜ Sağ Bil Derg, 1992; 6,1-2: 127-34.
17. Tepe Y, Mutlu E. Hatay harbiye kaynak suyunun fizikokimyasal özellikleri. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2004; 6: 77-87.
18. Örgücü C, İnanç İ. Doğal zeolit'in doğal kaynak sularında pH, iletkenlik ve sertlik özelliklerinin düzenleyicisi olarak kullanımı. BİYOMUT, 2004; 256-7.
19. Yağmur F, Hancı Hİ. Arsenik. STED, 2002; 11(7): 250-1.
20. Tekbaş Ö F, Oğur R. Arsenik, içme suları ve sağlık. TAF Preventive Medicine Bulletin, 2008; 7(4)
21. Yılmaz O, Ekici K. Van yöresinde içme sularında arsenikle kirlenme düzeyler. YYÜ Vet Fak Derg, 2004; 15(1-2): 47-51.
22. Aydın S, Tüfekçi N, Arayıcı S, Soyhan B. Temas havalandırma sistemlerinde Mn (II)'nin oksidasyonu. Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, 1999; 9(3):33-40.
23. Yardımşar Eren M, Sarıkaya H Z. İstanbul su arıtma tesislerinde demir-mangan problemi üzerine bir çalışma. Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, 2002; 12(2): 17-23.
24. Doğan G, Sabah E, Erkal T. Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye'de yapılan bilimsel araştırmalar. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi, 9-12 Haziran 2005 İzmir, 425-31.
25. Velioğlu S, Şaylı B.S, Altunsoy S. Bor madeni havzalarında üretilen bazı gıdalarda bor miktarlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Gıda 1999; 24(1):13-9.
26. Kuruma H, Poetzschke J. İçme sularında amonyum iyonlarının uzaklaştırılmasında membran filtrasyon uygulaması. Ekoloji, 2002; 11(42): 45-8.
27. Akçay MU, İnan H, Yiğit Z. İçme suyunda dezenfeksiyon yan ürünleri ve kontrolü. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-27 Ekim 2007 İzmir, 798-803.
28. http://cevre.club.fatih.edu.tr/webyeni/konfreweb/2008_pdf/sayfa117.pdf Erişim Tarihi: 20.08.2010
29. Sacher F, Matschi A, Brauch H J. Analysis and occurrence of bromate in raw water and drinking water. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 2006; 23: 26-30.