

*Araştırma:*

## Çeşitli fiziksel şartların şebeke suyunda oluşturduğu kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik değişimler

Hakan İstanbulluoğlu, Necmettin Koçak, Recai Oğur, Ömer Faruk Tekbaş, Selim Kılıç

Gülhane Askeri Tıp Akademisi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara

**Amaç:** Su, tabiatta bulunan gaz dışı maddeler arasında en çok tüketilen maddedir. Sudaki mikroorganizmaları yok etmek için kullanılabilir en iyi yöntem suyun kaynatılmasıdır. Bu çalışmada, çeşitli fiziksel şartlara maruz bırakılmış şebeke suyunda oluşan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler incelenmiştir. **Yöntem:** Araştırmada 10 adet şebeke suyu numunesi incelenmiştir. Numuneler elektrikli su ısıtıcısında, mikrodalga fırında ve ocakta ateş üzerinde 30 saniye süreyle kaynatılmış, fiziksel, kimyasal özellikleri ve iyon içerikleri yönüyle analiz edilmiştir. Kaynatılan sular 24 saat bekletilerek aynı analizler tekrarlanmıştır. Aynı numuneler; gölgede, güneşte, buzdolabında, UVB ve UVC ışın altında 24 saat bekletilmiş, fiziksel, kimyasal özellikleri ve iyon içerikleri yönüyle analiz edilmiştir. Elde edilen tüm analiz sonuçları, normal şebeke suyu ile karşılaştırılmıştır. **Bulgular:** Farklı yöntemlerle kaynatılan suların pH, TDS, iletkenlik ve renk değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Güneşte, buzdolabında, UVB ve UVC ışın altında 24 saat bekleyen sulara, şebeke suyuna kıyasla renk, bulanıklık, pH, iletkenlik ve TDS açısından artış izlenmiştir. Gölgede, güneşte, UVB ve UVC ışın altında bekletilmiş sulara, bakteriyolojik üreme olmamıştır. Buzdolabında bekleyen numunede ise üç koloni üremiştir. **Sonuç:** Kaynatma sonrasında suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde, kullanılan cihazların özelliklerine göre farklı değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu durum; su dezenfeksiyonunda kullanılan kaynatma yönteminin, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından belirgin bir iyileştirici etkisinin olmadığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Şebeke Suyu, kaynatma, fiziksel şartlar

### Chemical, physical and microbiological changes in tap water caused by various physical conditions

**Objective:** Water is the most consumed substances in nature among out of gas substances. The best method that can be used to destroy microorganisms in water is boiling. In this study, physical, chemical and microbiological changes in the tap water which exposed to variety physical conditions were investigated. **Methods:** Ten samples of tap water were analyzed in the study. Samples boiled for 30 seconds by using; electric water heater, microwave oven and oven over a flame, the physical and chemical properties and ion contents were analyzed. After boiled waters were stored for 24 hours, the same analysis was repeated. Other samples stored to the shade, under the sun, UVB and UVC lights and into the refrigerator, for 24 hours then physical and chemical properties and ion contents were analyzed. All analysis results compared with normal tap water. **Results:** In waters boiled by different methods; pH, TDS, conductivity, turbidity and color values have increased. In 24 hours stored waters under the sun, UVB and UVC lights, into the refrigerator pH, TDS, conductivity, turbidity and color values have increased compared to the tap water. There was no bacteriological growth in waters, stored to the shade, under the sun, UVB and UVC light. Three colonies were isolated in samples stored into the refrigerator. **Conclusion:** Different physical and chemical changes in water vary to boiling device to device. This situation shows; there is no significant healing effect of water boiling method used in water disinfection, in terms of physical and chemical features.

Key words: Tap water, boiling, physical conditions

### Genel Tıp Derg 2012;22(2):48-55

Gönderim tarihi: 09.02.2012

Kabul tarihi: 11.06.2012

E-posta: h.istanbulluoglu@hotmail.com

Yazışma adresi: Dr.Hakan İstanbulluoğlu, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara

Su tamamen dinamik ve değişken bir yaşam ortamı olup, tabiatta bulunan gaz dışı maddeler arasında en çok tüketilendir. Son üç yüzyıl boyunca insanlığın su tüketimi yaklaşık olarak 35 kat artmıştır ve söz konusu tüketim günümüzde de artmaya devam etmektedir. İnsanlar olağanüstü hallerde, kişi başı günde beş litre su ile idare edebilmektedirler ancak, yaşam alanının, kullanılan eşyaların temizliği ve şahsi temizlik de hesaba katıldığında bu miktarın en az 30–40 lt (litre) olması gerektiği ifade edilmektedir (1,2).

Ülkemizde halen yürürlükte olan, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte belirtildiği şekilde içme-kullanma suyu; yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orijinal haliyle ya da artırılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve söz konusu yönetmelikte yer alan değerleri sağlayan, ticari amaçlı satışa arz edilmeyen suları ifade etmektedir. Şebeke suları da bu kapsam dahilindedir (3). Sudaki mikroorganizmaları yok etmek için kullanılabilir en iyi yöntemin, suyun kaynatılması olduğu kabul edilmektedir. Bu amaçla suları, 30 saniye süreyle kaynatmak yeterlidir. Uzun süreli kaynatma, suda bulunabilecek ağır metallerin miktarlarının göreceli olarak artmasına neden olabilir. Bebek, hasta veya yaşlılarda uygun şekilde arıtma-dezenfeksiyon işlemine tabii tutulmuş şebeke suyu dışında bir su kullanılması veya şebeke suyunun uygun şekilde arıtıldığından emin olunamaması gibi durumlarda suyun kaynatıldıktan sonra tüketilmesi önerilmektedir (4).

Su kaynatma ile ilgili yukarıda sıralanan hususlar dikkate alındığında, insanların yaşamlarının bazı dönemlerinde kaynamış su içmek durumunda kaldıkları, temiz içme-kullanma suyuna ulaşımın kısıtlı olduğu bazı bölgelerde ise uzun süreli olarak kaynamış su tüketmek durumunda kalabilecekleri sonucuna ulaşılmaktadır. Kaynatma işlemi çeşitli cihazlarla yapılabildiğinden, gerek kaynatmanın gerekse kaynatmada kullanılan cihazların suyun çeşitli özelliklerine olan etkisinin incelenmesi, halk sağlığı açısından gerekli bir yaklaşımdır. Bununla birlikte suların fazla miktarda kaynatılarak uzun sürede tüketilmesi de söz konusu olabileceğinden, kaynatıldıktan sonraki bekleme aşamasında sulara

meydana gelebilecek değişikliklerin araştırılması ve aynı şartlarda bekleyen herhangi bir işleme tabi tutulmamış şebeke suyuyla karşılaştırılması da koruyucu hekimlik açısından önem arz etmektedir. Yaz aylarında, suya uygulanan soğutma işlemi sıklıkla buzdolabında bekletme yoluyla yapılmaktadır. Buzdolabı kullanımına bağlı hatalar, gıdaların erken bozulması ve bakteri oluşumuna sebep olabilmekte, oluşan bakteriler buzdolabında saklanan diğer gıdalara bulaşabilmektedir. Bu açıdan, buzdolabında soğutulan suların çeşitli özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin incelenmesi önem taşımaktadır (5). Güneş, elektromanyetik spektrum diye bilinen bir dizi enerji yaymaktadır. UV radyasyon, yeryüzüne erişen söz konusu güneş enerjisinin bir parçasıdır. İçme ve kullanma suları tüketim sürecinde insanların tüketim alışkanlıklarına göre, gölgede veya güneş ışığında bekletilebilmekte, güneş altında bekleyen sular UVB ve UVC ışınlarına maruz kalmaktadır. Söz konusu durumlar suda, fiziksel ve kimyasal değişimler meydana getirmektedir (6).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte yer alan hükümler kapsamında içme-kullanma sularında yapılması gereken analizlerden bazıları; suyun çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri, ağır metal ve anyon-kasyon içerikleri, pestisit kirliliği ve mikrobiyolojik kirlilik analizleri şeklindedir. İçme-kullanma sularında yapılması gereken fiziksel analizler arasında; suyun rengi, kokusu, bulanıklığı, TDS (toplam çözünmüş katı madde), iletkenliği ve pH bulunmaktadır. Fiziksel özelliklerden koku, renk ve bulanıklığın tüketicilerce kabul edilebilir olması ve herhangi bir anormal değişim göstermemesi beklenmektedir. Bulanıklık birimi olarak JTU (Jackson Bulanıklık Birimi), renk birimi olarak ise Pt/Co (The Platinum-Cobalt Scale) kullanılmaktadır. Bir çözeltinin asitlik veya alkalilik derecesini tarif eden ölçü birimi pH olarak ifade edilmektedir. Şebeke sularında pH değerinin 6,5–9,5 değerleri aralığında olması gerekmektedir. Suyun iletkenliği, suyun elektrik iletme yeteneğidir. Su içinde çözünmüş mineral miktarı arttıkça, suyun iletkenliği artmaktadır. Birimi mikroSiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )'dir. Şebeke sularında iletkenlik değerinin üst sınırı 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. TDS, su içinde eriyik halde bulunan minerallerin ağırlıklarının toplamı olup mg/litre cinsinden ölçülmektedir. Su içinde çözünmüş madde miktarı çoğaldıkça suyun iletkenliği artmaktadır

(3,7). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte yer alan hükümler kapsamında *Pseudomonas Aeruginosa*, *Clostridium Perfringens*, patojen *Stafilokok*, toplam ve fekal koliform bakteri gibi mikrobiyolojik kirlilik analizleri yapılmaktadır. Sonuçlar besi yerinde üreyen koloniler sayılarak verilmektedir. Toplam canlı dışında tüm mikrobiyolojik kirlilik analizlerinde üreme olmaması beklenmektedir. Kabul edilebilir toplam canlı miktarı 24 saatte, 37 °C'de 20 koloni oluşturan birim (cfu)/ml olarak kabul edilebilmektedir (7). Bu çalışmada, çeşitli fiziksel şartlara maruz bırakılmış şebeke suyunda oluşan fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler incelenmesi, maruziyet öncesi değerler ile sonrasında elde edilen değerlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## Yöntem

Araştırma kapsamında kullanılan tüm su örnekleri analizlerin gerçekleştirildiği eğitim hastanesinde bulunan 10 farklı musluktan alınmış şebeke sularıdır. Sular bakteriyolojik analiz için su numunesi alma prosedürüne uygun olarak alınmıştır. Fiziksel ve kimyasal analizler için steril numune şişeleri kullanılmıştır (8). Araştırmamız kapsamında su numunelerinde araştırılan fiziksel özellikler renk, bulanıklık, pH, iletkenlik, TDS şeklindedir. Kimyasal özellik olarak suların iyon içeriği araştırılmış, bu kapsamda su numunelerinin flor, klor, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, lityum, sodyum, amonyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum miktarları saptanmıştır. Nitrit, fosfat, amonyum ve lityum değerleri sıfır veya ihmal edilecek değerler aldıklarından analize dâhil edilmemiştir.

Toplanan numuneler herhangi bir işleme tabi tutulmadan önce, fiziksel, kimyasal özellikleri, iyon içerikleri ve mikrobiyolojik kirlilik yönüyle analiz edilmiştir. Elde edilen değerler şebeke suyu değerleri olarak kaydedilmiştir. İşlem sonrasında numuneler, elektrikli su ısıtıcısında, mikrodalga fırında ve ocakta ateş üzerinde 30 saniye süreyle kaynatılmış, kaynayan sular, analiz edilebilecek sıcaklığa gelmelerini takiben fiziksel, kimyasal özellikleri, iyon içerikleri ve mikrobiyolojik kirlilik yönüyle analiz edilmiştir. Kaynatılan sular ve şebeke suyu 24 saat bekletilerek aynı analizler tekrarlanmıştır. Numuneler ayrıca, gölgede, güneşte, buzdolabında, UVB ve UVC ışın altında 24 saat bekletilmiş,

fiziksel, kimyasal özellikleri, iyon içerikleri ve mikrobiyolojik kirlilik açısından analiz edilmiştir. Numunelerin kaynatılması ve bekletilmesi için daha önceden steril edilmiş cam beherler kullanılmıştır. Kullanılan elektrikli su ısıtıcısının dış kısmı plastikten mamul olup, suya temas ederek ısıtan kısmı metaldir. Kaynatılan sulardan elde edilen değerler, çeşitli kaynatma yöntemlerinin su kalitesine etkisinin değerlendirilmesi amacıyla şebeke suyundan elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca; şebeke suyu ve kaynatılan sular 24 saat beklemenin sularda yaptığı etkiyi incelenmek amacıyla 24 saat bekleme öncesi ve sonrası şeklinde ikili olarak karşılaştırılmışlardır. Benzer şekilde gölgede, güneşte, buzdolabında, UVB ve UVC ışın altında 24 saat bekletilmiş sular, fiziksel ortamın suya etkisini incelemek amacıyla şebeke suyuyla karşılaştırılmıştır. Su numunelerinin pH, iletkenlik, TDS gibi fiziksel özelliklerinin analizi Multyanalizör F 460 çoklu analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulanıklık analizi, Scientific Micro TPI bulanıklık ölçer, renk analizi ise Nova 60 Spectroquant spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. İyon içeriği analizi, Dionex ICS-1000 iyon kromatografi cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler için anyon-kasyon kolonları ve ön kolonları kullanılmış ve elektronik ön baskılama yapılmıştır. Anyon ve kasyon ölçümlerine ait miktar hesaplamaları, her bir iyon için ayrı standart çözelti kullanılarak ve iyon kromatografi cihazına ait bilgisayar yazılımı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar "mg/l" cinsinden verilmiştir. Mikrobiyolojik kirlilik özelliklerini araştırmak için toplam canlı bakteri analizleri kullanılmıştır. Bu analizin gerçekleştirilmesinde Millipore membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kapsamında analizi yapılacak tüm su numunelerinden 1 ml alınmış, membran filtrasyon cihazında filtre kâğıdından süzdürülmüş ve genel amaçlı besi yerine ekilmiştir. Besi yerleri Nüve EN 120 marka/model inkübatörde 37°C'de 24 saat bekletilmiş, bu süre sonunda besi yerinde görülen üremeler sayılarak sonuçlar kaydedilmiş, sonuçlar cfu şeklinde sunulmuştur.

Veriler bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra SPSS 15.0 istatistik paket programı ile analizleri yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistik olarak on numuneden elde edilen ortalama ve standart sapmalar verilmiştir. Çeşitli şartların şebeke suyuna etkilerini

incelemek amacıyla yapılan “öncesi-sonrası” şeklindeki karşılaştırmalarda bağımlı gruplarda nonparametrik analiz yöntemi, Wilcoxon testi kullanılmıştır. Kaynatma şekillerinin şebeke suyuna etkilerinin incelenmesinde ise Kruskal-Wallis testi, farkın anlamlı olduğu durumlarda anlamlılığın kaynağını bulmak amacıyla Bonferoni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. P değerinin 0.05’den büyük olması anlamlılık sınırı olarak kabul edilmiştir.

## Bulgular

Her üç cihazla kaynatılan sularda kaynatma sonrası yapılan inceleme sonucunda; suların pH, TDS, iletkenlik, bulanıklık ve renk değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Bu değişkenlerin tamamındaki değişiklik istatistiksel olarak da anlamlıdır. Yapılan ileri incelemede anlamlılığın renk ve bulanıklık değişkenlerinde mikrodalgada kaynatılan, TDS, pH ve iletkenlikte ise ocakta kaynatılan numunelerdeki artıştan kaynaklandığı saptanmıştır. Kaynamış suların iyon içeriklerine bakıldığında değişimin, her üç cihazla kaynatılan sularda da artış yönünde olduğu belirlenmiştir. İyon içeriklerinin gruplar arası dağılımı klor, sülfat, sodyum ve magnezyumda anlamlıdır. Anlamlılığın kaynağını saptamak için yapılan analizler sonucunda; sülfat, sodyum ve magnezyumda mikrodalga ve ocakta kaynatılan sularda tespit edilen artışın, klorda ise yalnızca mikrodalgada kaynatılan sularda tespit edilen artışın, anlamlılığın nedeni olduğu saptanmıştır (Tablo 1).

Her üç yöntemle kaynatılmış sularda ve şebeke suyunda, 24 saat bekleme sonrasında gerçekleştirilen analizlerinden elde edilen değerler Tablo 2’de görülmektedir. Her üç yöntemle kaynatılmış suların pH, TDS, iletkenlik, bulanıklık ve renk değerlerinde bekleme sonrası artış saptanmıştır. Ancak bu artış ocakta kaynatılan sularda renk, bulanıklık ve iletkenlik değişkenlerinde ve beklemiş şebeke suyunun renk ve pH değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Beklemiş suların kalsiyum dışında, iyon içeriklerinde de artış saptanmıştır. Bu artışın klor için tüm numunelerde, nitrat ve potasyum için beklemiş şebeke suyu hariç tüm numunelerde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Şebeke suyunda toplam canlı besiyerinde üreme olmamış, benzer şekilde her üç yöntemle kaynatılan sularda da üremeye rastlanmamıştır. Kaynatılmış numuneler ve

şebeke suyunun 24 saat bekletilmesi sonrasında şebeke suyunda bir, elektrikli ısıtıcıda beş, mikrodalga fırında üç, ocakta kaynayan suda ise iki numunede üreme saptanmıştır (Tablo 3). Gölgede, güneşte, buzdolabında, UVB ve UVC ışın altında bekletilmiş suların bakteriyolojik üreme açısından yapılan değerlendirmelerde; buzdolabında bekletilen hariç, tüm numunelerde üreme olmadığı, buzdolabında bekleyen numunelerden iki numunede üreme olduğu, koloni şekillerinin bozuk olduğu görülmüştür (Tablo 3).

Güneşte, UVB ve UVC ışın altında 24 saat bekletilmiş suların fiziksel, kimyasal özellikleri ve iyon içeriklerinde şebeke suyuna kıyasla artış meydana gelmiştir. Söz konusu artışın; klor, sülfat, magnezyum, kalsiyum, bulanıklık, renk, pH değerlerinde istatistiksel olarak da anlamlı olduğu bulunmuştur. Buzdolabında bekleyen numunelerde durum güneş ve UV ışın altında bekleyen numunelere benzemekle birlikte artışın daha az olduğu saptanmış, pH’da ise buzdolabında bekleyen numunelerde anlamlı bir asit yöne kayma belirlenmiştir. Buzdolabında saptanan artış, magnezyum, kalsiyum, bulanıklık, renk açısından istatistiksel olarak anlamlıdır. Gölgede bekleyen sulardan elde edilen değerler ise şebeke suyuna en yakın değerler olarak dikkat çekmiştir. Burada da belirli bir artış olmasına rağmen bunların hiçbiri istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 4).

Tablo 1. Normal şebeke suyunun ve kaynatılmış suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması\* (n=10)

	Şebeke	Mikro Dalga	Ocak	Elektrikli Isıtıcı	p
Flor	0,14±0,01	0,16±0,04	0,16±0,03	0,16±0,05	0,08
Klor	7,60±0,02	8,63±0,49	7,78±0,36	7,76±0,36	<b>0.03</b>
Nitrat	1,67±0,02	1,71±0,27	1,72±0,29	1,89±0,13	0,05
Sülfat	34,13±0,39	40,08±1,35	40,3±3,0	35,69±0,62	<b>&lt;0.01</b>
Sodyum	9,24±0,02	10,59±0,92	10,9±1,1	9,05±0,73	<b>0.02</b>
Potasyum	3,57±0,11	3,84±0,76	3,98±0,21	3,63±0,33	0,06
Mg	6,68±0,17	8,98±0,65	8,75±0,56	6,81±0,66	<b>&lt;0.01</b>
Kalsiyum	1,48±0,07	1,93±0,46	1,87±0,50	1,39±0,46	0,07
Renk	0,10±0,00	1,72±0,41	0,55±0,31	0,17±0,09	<b>&lt;0.01</b>
Bulanıklık	0,54±0,047	11,82±1,13	0,68±0,35	1,18±0,13	<b>&lt;0.01</b>
pH	8,27±0,10	8,75±0,47	8,97±0,44	8,72±0,41	<b>0.01</b>
TDS	154,0±41,3	180,1±14,6	226,6±25,4	163,5±23,5	<b>&lt;0.01</b>
İletkenlik	224,0±72,8	275,5±27,4	301,4±21,1	233,2±24,4	<b>&lt;0.01</b>

\*Kruskal-Wallis

Tablo 2. Normal şebeke suyunun ve kaynatılmış suların 24 saat beklemeden sonra saptanan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri \* (n=10)

	Şebeke	Şebeke 24 Saat	p	Mikro Dalga	Mikro Dalga. 24 Saat	p	Ocak	Ocak 24 Saat	p	Elektrikli Isıtıcı	Elektrikli Isıtıcı 24 Saat	p
Flor	0,14±0,01	0,18±0,04	<b>0,04</b>	0,16±0,04	0,16±0,00	0,79	0,16±0,03	0,17±0,01	0,25	0,16±0,05	0,17±0,01	0,33
Klor	7,60±0,02	8,92±0,24	<b>&lt;0,01</b>	8,63±0,49	9,22±0,03	<b>0,02</b>	7,78±0,36	8,84±0,05	<b>0,01</b>	7,76±0,36	8,90±0,01	<b>0,03</b>
Nitrat	1,67±0,02	1,60±0,20	0,33	1,71±0,27	2,12±0,05	<b>&lt;0,01</b>	1,72±0,287	1,94±0,02	<b>0,04</b>	1,89±0,13	2,59±0,03	<b>0,01</b>
Sülfat	34,13±0,39	39,08±0,58	0,54	40,08±1,35	40,16±0,06	0,38	40,30±3,04	39,19±0,18	0,22	35,69±0,62	37,18±0,20	0,32
Sodyum	9,24±0,02	9,52±1,15	0,50	10,59±0,92	11,30±0,18	<b>0,03</b>	10,86±1,08	10,97±0,14	0,87	9,05±0,73	9,39±0,04	0,68
Potasyum	3,57±0,11	3,54±0,34	0,95	3,44±0,76	4,16±0,08	<b>0,02</b>	3,98±0,21	4,18±0,08	<b>0,02</b>	3,63±0,33	4,22±0,05	<b>0,04</b>
Magnezyum	6,68±0,17	6,35±10,06	0,13	8,98±0,65	8,60±0,04	0,11	8,75±0,56	8,33±0,06	0,09	6,81±0,66	6,97±0,16	0,58
Kalsiyum	1,48±0,07	1,79±0,47	0,28	1,93±0,46	1,77±0,10	0,38	1,87±0,50	1,57±0,04	0,11	1,39±0,46	1,23±0,03	0,72
Renk	0,10±0,00	0,18±0,10	<b>0,01</b>	1,72±0,41	1,96±0,03	0,09	0,55±0,31	1,98±0,02	<b>&lt;0,01</b>	0,17±0,09	0,19±0,00	0,82
Bulanıklık	0,54±0,047	0,81±0,47	0,13	11,82±1,13	11,95±0,27	0,64	0,68±0,35	1,94±0,01	<b>&lt;0,01</b>	1,18±0,13	1,26±0,04	0,18
pH	8,27±0,10	8,91±0,41	<b>0,01</b>	8,75±0,47	9,55±0,65	0,16	8,97±0,44	9,25±0,17	0,38	8,72±0,41	9,38±0,70	0,11
TDS	154,0±41,3	161,3±190,2	0,28	180,1±14,6	193,4±27,9	0,20	226,6±25,4	264,6±17,6	0,44	163,5±23,5	173,4±27,6	0,57
İletkenlik	224,0±72,8	242,0±25,4	0,05	275,5±27,4	292,9±58,7	0,77	301,4±21,1	354,0±90,7	<b>0,01</b>	233,2±24,4	243,3±63,0	0,33

\*Wilcoxon Testi.

Tablo 3. Suların mikrobiyolojik özellikleri (n=10) (Üreme saptanan numune sayısı)

	Şebeke ve Kaynama Sonrası	24 Saat Beklemiş Şebeke	24 Saat Beklemiş MikroDalga	24 Saat Beklemiş Ocak	24 Saat Beklemiş Elektrikli Isıtıcı	Güneş	Gölge	Buzdolabı	UVB	UVC
Toplam Canlı	0	1	3	2	5	0	0	2	0	0

Tablo 4. Çeşitli fiziksel şartlarda 24 saat beklemiş suların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri\*

	Şebeke	Güneş	p	Gölge	p	Buzdolabı	p	UVB	p	UVC	p
Flor	0,14±0,01	0,17±0,00	0,61	0,18±0,04	0,54	0,14±0,01	0,92	0,18±0,00	0,29	0,18±0,00	<b>0,03</b>
Klor	7,60±0,02	9,32±0,04	<b>0,03</b>	7,92±0,24	0,33	8,50±0,17	<b>0,01</b>	9,42±0,09	<b>0,01</b>	9,39±0,12	<b>0,01</b>
Nitrat	1,67±0,02	2,62±0,15	0,38	1,75±0,26	0,85	1,89±0,01	0,43	1,97±0,24	0,25	2,12±0,28	0,09
Sülfat	34,13±0,39	44,16±0,16	<b>0,01</b>	38,08±0,78	0,61	39,56±0,15	0,78	44,56±0,31	<b>0,03</b>	45,26±0,26	<b>0,04</b>
Sodyum	9,24±0,02	13,30±0,48	0,07	9,52±1,15	0,73	10,70±0,02	0,06	13,64±0,45	<b>0,02</b>	13,30±0,48	<b>0,03</b>
Potasyum	3,57±0,11	4,21±0,08	0,72	3,59±0,25	0,56	3,65±0,10	0,92	4,34±0,11	0,13	4,42±0,09	0,51
Magnezyum	6,68±0,17	8,72±0,04	<b>0,04</b>	6,71±1,26	<b>0,05</b>	7,97±0,04	<b>0,04</b>	8,79±0,23	<b>&lt;0,01</b>	8,81±0,86	<b>&lt;0,01</b>
Kalsiyum	1,48±0,07	1,82±0,10	0,12	1,69±0,67	0,58	2,07±0,44	<b>0,01</b>	2,94±0,16	<b>&lt;0,01</b>	2,83±0,27	<b>&lt;0,01</b>
Renk	0,10±0,00	1,94±0,12	<b>&lt;0,01</b>	0,18±0,10	0,68	1,90±0,59	<b>&lt;0,01</b>	1,89±0,43	<b>&lt;0,01</b>	1,78±0,76	<b>0,01</b>
Bulanıklık	0,54±0,04	1,23±0,27	<b>&lt;0,01</b>	0,84±0,57	0,35	1,63±0,15	<b>0,02</b>	1,37±0,87	<b>&lt;0,01</b>	1,44±0,33	<b>&lt;0,01</b>
pH	8,27±0,10	9,28±0,78	<b>&lt;0,01</b>	8,81±0,61	0,58	6,87±0,14	<b>&lt;0,01</b>	9,55±0,65	<b>&lt;0,01</b>	9,53±0,98	<b>&lt;0,01</b>
TDS	154,0±41,3	189,4±32,8	0,26	167,3±181,2	0,24	176,7±29,3	0,31	198,4±68,8	0,38	192,4±65,8	0,71
İletkenlik	224,0±72,8	299,9±61,7	0,07	232,0±45,4	0,54	266,0±16,7	0,46	312,9±71,6	0,23	319,9±78,5	0,67

\*Wilcoxon Testi.

## Tartışma

Mikrodalga fırında kaynatılmış su numunelerde renk ve bulanıklık değerlerinde yaklaşık 20 kat artış olduğu saptanmıştır. İletkenlik ve TDS değerlerinin ise ocakta kaynayan suda, diğer cihazlarda kaynayan sulara göre daha yüksek değerlere ulaştığı, şebeke

suyundan elde edilen değerlere kıyasla yaklaşık 1,5 kat arttığı tespit edilmiştir. Mikrodalga fırında kaynatılmış su numunelerde renk ve bulanıklık değerlerindeki artışın, mikrodalga ışınların özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Mikrodalga fırınlarında 2,45 GHz'lık bir frekans kullanılmaktadır. Bu frekansın kullanılmasının

sebebi; su moleküllerinin rezonans frekansı olmasıdır. Bunun sonucu olarak mikrodalga fırınlardaki ışıma en çok su tarafından emilmekte, mikrodalga ışınlar, su moleküllerinin hareketliliğinde artışa neden olmakta ve moleküler sürtünmeye bağlı olarak ısı oluşumu gerçekleşmektedir. Söz konusu moleküler sürtünmenin bulanıklık ve renk değerlerinde diğer kaynatma sistemlerinde rastlanmayan artışa neden olduğu düşünülmüştür. Mikrodalga fırında kaynatmayla ilgili yapılan bir incelemede, bu tarz kaynatmada suyun diğer yöntemlere göre daha yüksek sıcaklıkta kaynadığı tespit edilmiştir. Bu durum da bulanıklık ve renk değerlerinde saptanan değişimin nedeni olabilir (9,10). İletkenlik su numunesinin elektrik taşıyabilme özelliği olarak tarif edilmekte, Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) ise, suların mineral ve iyon içeriğini gösteren bir parametre olarak tanımlanmaktadır. İletkenlik ve TDS'deki değişimler sudaki iyonların konsantrasyonlarına bağlıdır. Araştırmada kaynatılmış suların iletkenlik ve TDS değerleri kaynatma öncesine göre yüksek bulunmuştur. Kaynatma sırasında suyun buharlaşarak ortamdan uzaklaşması ve ortamda kalan katı maddelerin suda görece artışı, suyun iletkenlik ve TDS değerlerinin kaynamış sulara daha yüksek değerlere ulaşması sonucunu doğurmaktadır (11).

İyon içeriği, iletkenlik ve TDS'deki artış, en fazla mikrodalga fırın ve ocakta kaynayan suda saptanmış, elektrikli ısıtıcıda artışın daha az olduğu görülmüştür. Yukarıda bahsedilen -daha yüksek sıcaklıkta kaynama- özelliğinden dolayı, mikrodalga fırında kaydedilen artışın daha fazla olması gerektiği akla gelmektedir. Ancak, çalışma prensibinden dolayı mikrodalga fırındaki kaynatma diğerlerinden farklı olarak kapalı ortamda gerçekleşmiştir. Bu durumun, kaynama sonucu buharlaşan bir kısım suyun behere geri dönmesine, dolayısıyla da iyon içeriği, iletkenlik ve TDS'deki artışın beklenenden daha düşük saptanmasına yol açması olasıdır. Ocakta kaynayan suların, elektrikli ısıtıcıya kıyasla daha yüksek iyon içeriği, iletkenlik ve TDS değerlerine sahip olmaları ise, suyun ocakta kaynatma yöntemi ile daha fazla buharlaşması nedeniyle olabilir. Bununla birlikte, elektrikli ısıtıcının plastik yan yüzeyleri ile kaynatma sağlayan metal tabanının da iyonların tutulumuna sebep olarak, değerlerin ocakta kaynatılan numunelere kıyasla daha düşük bulunmasının nedeni olabileceği değerlendirilmiştir. Yapılan bazı

araştırmalarda, elektrikli ısıtıcılarda metal aksamın iyonların tutulumuna sebep olduğu ve bu nedenle kaynama süresinin, cihaz kullanıldıkça uzadığı belirtilmektedir. Kaynatma işlemi suların içeriğinde bulunan CO<sub>2</sub>'nin su buharı ile beraber kaybolmasına yol açmaktadır. Bu sebeple, kaynatılan sulara pH'nın bazik tarafa kayması beklenmektedir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde; yukarıda ifade edilen duruma paralel olacak şekilde her üç cihazla kaynatılan su numunesinde de pH'nın bazik tarafa kaydığı, söz konusu kaymanın ocakta kaynayan suda diğerlerine göre daha bariz olarak gerçekleştiği gözlenmiştir (12,13). Su arıtıma yöntemi olarak kullanılan çöktürmede, oluşturulan topaklanma sonucunda, 24 saat bekleyen sulara yerçekimi etkisiyle çöken katı maddeler nedeniyle iyon içeriğinin, dolayısıyla renk, bulanıklık, TDS ve iletkenlik değerlerinin azalması beklenmektedir. Bu yanlıgıyı önlemek amacıyla araştırmamızda kaynatıldıktan sonra 24 saat beklemiş sular analiz öncesi karıştırılmıştır. Analiz sonucunda, iyon içeriklerinin ve renk, bulanıklık, TDS ve iletkenlik değerlerinin arttığı saptanmıştır. Bu artış, oda sıcaklığında beklemeden kaynaklanan buharlaşmanın etkisiyle, iyon içeriğinin görece artışı nedeniyle gerçekleşmiş olabilir. Ayrıca, topaklaştırma işlemi benzeri bir işlemin bulunmayışı ve karıştırma işlemi de ilave nedenler olarak düşünülebilir. CO<sub>2</sub> su ortamında karbonik aside dönüşmekte ve suyun pH'ı asit tarafa kaymaktadır. Bu nedenle suyun CO<sub>2</sub> kaybetmesi pH'ını baz tarafına kaydırmaktadır. Her üç yöntemle kaynatılmış suların pH değerlerinin bekleme sonrasında bazik tarafa kaymasının, CO<sub>2</sub>'nin bekleme sırasında çözünmesi ve havaya karışması sonucunda gerçekleştiği düşünülmüştür (14-16).

Güneşte, UVB ve UVC ışın altında 24 saat bekletilmiş suların fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikler kaynamış sulara meydana gelen değişikliklere benzerdir. Buharlaşan sudan dolayı suların iyon içeriklerinde meydana gelen görece artış, suların renk, bulanıklık, TDS ve iletkenlik değerlerinde artış olarak kendini göstermektedir. Bu grupta suyun özelliklerinin en az değiştiği ortamın gölge olduğu belirlenmiştir. Değerler şebeke suyuna oldukça yakındır.

Buzdolabında bekleyen sulara pH'nın istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde asit yöne kaydığı, diğer

numunelerden farklı olarak bazı numunelerde üreme gerçekleştiği ve saptanan koloni şekillerinin bozuk olduğu tespit edilmiştir. Buzdolabında bekleyen numunelerin aksine, üreme saptanan diğer gruplarda pH bazık tarafa kaymıştır. Buzdolabındaki aside kaymanın, üreyen farklı tür bakteriler nedeniyle olabileceğini düşündürmüştür. Yapılan araştırmalarda, streptokok ve bacillus türü bakteriler ile bazı mantar türlerinin bozuk şekilli koloniler yapabildiği ve asit üretebildiği ifade edilmektedir. Buzdolabında bekleyen sularda da üreme saptanan diğer numunelerden farklı olarak bu tür mikroorganizmalardan biri veya birkaçı üremiş olabilir (17-19). Klor, ozon gibi bir dezenfektan maddelerin sudaki hayvansal veya bitkisel kaynaklı organik materyallerle oluşturdukları bileşikler “dezenfeksiyon yan ürünleri” (disinfection by-products) olarak isimlendirilmektedir. Bu ürünler insanlar için şüpheli karsinojen maddeler olarak bilinmektedirler. EPA (Amerikan Çevre Ajansı) trihalometanlar adı verilen bu bileşikler için maksimum bulaş düzeyleri belirlemiştir. Yapılan bir araştırmada, elektrikli su ısıtıcıları ile kaynatmanın suyun içeriğinde bulunan dezenfeksiyon yan ürünlerini artırdığı saptanmıştır. Bazı araştırmalarda ise; dezenfeksiyon yan ürünlerinde meydana gelecek söz konusu artışın sularda bulunan mikroorganizmaların üremesini arttırdığı saptanmıştır. Bu araştırmada, elektrikli ısıtıcıda kaynatılan ve bekletilen örnekte diğer yöntemlerle elde edilenlere göre daha fazla üremenin gerçekleşmesi durumunun, yukarıda sözü edilen dezenfeksiyon yan ürünlerinin artışı ve bu durumun mikroorganizma üremesini tetiklemesi ile açıklanabileceği düşünülmüştür (20,21). Mevcut literatürde yer alan bazı çalışmalar, mikrodalga fırınlarda, yiyecek kalıntılarında kaynaklanan mikroorganizma üremelerinin görüldüğünü ifade etmektedir. Bu çalışmada, mikrodalga fırında kaynatılan ve 24 saat bekleyen suda, -elektrikli ısıtıcıda kaynatılıp bekletilen numune hariç- diğer numunelere göre oldukça fazla üreme görülmesi yukarıda ifade edilen yiyecek kalıntıları kaynaklı mikroorganizma üremesi nedeniyle gerçekleşmiş olabileceği düşünülmüştür (22,23).

Buzdolabında bekletilmiş numunede görülen üremenin buzdolabı kullanım standartlarına uymama sonucunda, buzdolabı ortamının kontaminasyonundan kaynaklanmış olabileceği

değerlendirilmiştir. Bu durumu doğrulayan pek çok araştırma mevcuttur (5,24,25). Araştırmamızda incelenen numunelerden üreme saptanan numunelerde, klor değerinin üreme saptanmayanlara kıyasla yüksek olduğu görülmektedir. Bu duruma rağmen numunelerde üreme gerçekleşmiş ve bazı numunelerde oldukça yüksek koloni sayıları saptanmıştır. Suda bulunan klorun bakterisit etkisi pH değişimlerinden etkilenmektedir. pH'nın asit yöne kayması klorun bakteriyel etkisini artırmakta, aksi durumda ise, bakterisit etki azalmaktadır. Araştırmamızda analizi gerçekleştirilen numunelerde de benzer durum söz konusudur. Üreme saptanan kaynatıldıktan sonra 24 saat bekletilmiş numunelerde pH, aynı numunelerin üreme saptanmayan bekleme öncesi hallerine kıyasla yüksektir. Bu yüksekliğin, klor yüksekliğine rağmen üremenin gerçekleşmesine neden olduğu değerlendirilmiştir. Üremenin saptandığı bazı numunelerde 250'ye varan koloni sayımlarının yapılmış olması, pH yüksekliğinin klorun bakterisit etkisini azaltmada oldukça etkili olduğunu düşündürmüştür. Buzdolabında bekleyen numunedeki durum ise daha farklıdır. İstatistik olarak anlamlı şekilde pH'da asitliğe kayma, klor içeriğinde yükselme belirlenmesine, dolayısıyla klorla sağlanan bakterisit etki kontrolden daha yüksek olmasına rağmen, üreme gerçekleşen numuneler mevcuttur. Saptanan bu durum, buzdolaplarının mikrobiyolojik bulaş açısından çok sakıncalı olabileceğini düşündürmüştür (26).

## Sonuç

Kaynatma sonrasında suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde, kullanılan cihazların özelliklerine göre farklı değişiklikler gözlemlenmektedir. Bu durum; su dezenfeksiyonunda kullanılan kaynatma yönteminin, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından belirgin bir iyileştirici etkisinin olmadığını göstermektedir. Elde edilen veriler ışığında kaynatma sonrasında, özellikle elektrikli ısıtıcılarda kaynatılmış sularda, mikrobiyolojik kalitenin azalabildiği ve mikroorganizma üremesinin dikkat çekecek seviyede artabildiği belirlenmiştir. Su dezenfeksiyonunda yoğun olarak kullanılan klor gibi dezenfektan maddelerin oluşturdukları dezenfeksiyon yan ürünlerinin buna sebep olabileceği hesaba katılarak kon ile ilgili ileri araştırmaların yapılmasının gerekli olduğu değerlendirilmiştir. Çeşitli fiziksel şartlarda bekletilen sulardan elde edilen analiz sonuçlarına

göre; suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişime en az sebep olan ve içme suyunun saklanması için en uygun yöntemin gölgede saklama olduğu, buzdolabında saklanan sularda ciddi seviyede mikroorganizma bulaşı olabileceği sonucuna varılmıştır. Buzdolabında bekleyen suların pH özelliklerindeki bozulma da ileri araştırmalarla incelenmelidir. Bazı çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre elektrikli ısıtıcılarda kaynatılan sularda bazı ağır metallerde artış olabileceği, söz konusu artışın bazı durumlarda zehirlenmelere sebep olabilecek seviyeye ulaşabileceği ifade edilmektedir. Özellikle elektrikli ısıtıcılarda kaynatılan sularda ağır metal analizi yapılamamış olması çalışmamızın kısıtlılığı olarak ifade edilebilir. Ülkemizde de yoğun olarak kullanılan elektrikli su ısıtıcılarının, sularda meydana getirdiği olası ağır metal kirliliği açısından da araştırılmasında yarar olacağı düşünülmektedir (27,28).

## Kaynaklar

1. Oğur R, Tekbaş ÖF. Su Kirliliği. Ankara: Tıbbi Dokümantasyon Merkezi; 2000;2-3.
2. Bhandari L, Khare A. Poor provision of household water in india how entrepreneurs respond the public sector's failure. İçinde: Mitra B, Okonski K, Satyanand M editör. Keeping the water flowing: Understanding the role of institutions, incentives, economics, and entrepreneurship in ensuring access and optimising utilisation of water. New Delhi: Academic Foundation; 2007;122-3.
3. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik <http://www.saglik.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?> [Erişim Tarihi: 01.05.2012].
4. Stein M. When technology fails: A manual for self-reliance, sustainability, and surviving the long emergency. Second Edition. Vermont: Chelsea Green Publishing; 2008.
5. Jackson V, Blair IS, McDowell DA, Kennedy J, Bolton DJ. The incidence of significant foodborne pathogens in domestic refrigerators. Food Control. 2007;18:346-51.
6. Parisi AV, Sabburg J, Kimlin MG. Scattered and filtered solar UV measurements. First Edition. Netherland: Kluwer Academic Publishers; 2004.
7. Oğur R. Fiziksel ve kimyasal su analiz yöntemleri, mikrobiyolojik su analizi. İçinde: Oğur R, Tekbaş ÖF editör. Temel Su Analiz Teknikleri. Ankara: Aydan Matbaacılık; 2005;36-9.
8. Tekbaş ÖF. Çevre Sağlığı. Ankara: GATA Basımevi; 2010.
9. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Elektromanyetik radyasyon. Birinci Baskı. Ankara: Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü; 1994.
10. Erné BH, Snetsinger P. Thermodynamics of water superheated in the microwave oven. J Chem Educ. 2000;77:1309.
11. Day J, Dallas H. Understanding the basics of water quality. In: Water resources planning and management. Eds.Grafton RQ, Hussey K. New York:Cambridge University Press; 2011. p. 73-4.
12. Heselton KE. Boiler operator's handbook. NewYork: The Fairmont Press Inc; 2005;167-71.
13. Rogan WJ, Brady MT. Drinking water from private wells and risks to children. Pediatrics. 2009;6:1123-37.
14. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Su kirliliği. Birinci Baskı. Ankara: Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü; 1994.
15. National Research Council. Summary." Ocean Acidification: A National Strategy to Meet the Challenges of a Changing Ocean. Washington DC: The National Academies Press, 2010.
16. McTigue NE, Symons JM. The water dictionary: a comprehensive reference of water terminology. Second Edition. Colorado: American Water Works Association; 2010.
17. Munn P. Microbially Influenced Corrosion in Water Systems. <http://midlandcorrosion.co.uk/case-studies/108/Microbially-Influenced-Corrosion.pdf> Erişim Tarihi: 06.05.2012.
18. Breakwell D, MacDonald B, Smith K, Adams C, Robison R. Colony Morphology. American Society for Microbiology. <http://www.microbelibrary.org/component/resource/laboratory-test/3114-colony-morphology> Erişim Tarihi: 06.05.2012.
19. Cotter PD, Hill C. Surviving the Acid Test: Responses of Gram-Positive Bacteria to Low pH. Microbiol Mol Biol Rev. 2003;67(3):429-53.
20. Yamamoto K, Kakutani N, Yamamoto A, Tsuruho K, Mori Y. Reduction of trihalomethanes and total organic halogen of advanced treated drinking water due to heating and boiling. J Env Chem. 2005;15:137-44.
21. Krasner SW, Wright JM. The effect of boiling water on disinfection by-product exposure. Water Res. 2005;39:855-64.
22. Cooking Safely in the Microwave Oven. United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service. [http://www.fsis.usda.gov/PDF/Cooking\\_Safely\\_in\\_the\\_Microwave.pdf](http://www.fsis.usda.gov/PDF/Cooking_Safely_in_the_Microwave.pdf) [Erişim Tarihi: 06.05.2012].
23. Cooking Safely in the Microwave Oven. U.S. Department of Agriculture. The Food Safety and Inspection Service. [http://www.fsis.usda.gov/fact\\_sheets/cooking\\_safely\\_in\\_the\\_microwave/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/fact_sheets/cooking_safely_in_the_microwave/index.asp) [Erişim Tarihi: 06.05.2012].
24. Kennedy J, Jackson V, Blair IS, McDowell DA, Cowan C, Bolton DJ. Food safety knowledge of consumers and the microbiological and temperature status of their refrigerators. J Food Protect 2005;68:1421-30.
25. Winther B, McCue K, Ashe K, Rubino J, Hendley JO. Rhinovirus contamination of surfaces in homes of adults with natural colds: transfer of virus to fingertips during normal daily activities. J Med Virol. 2011;83:906-9.
26. Oğur R, Tekbaş ÖF, Hasde M. Klorlama Rehberi. Ankara: Gülhane Askeri Tıp Akademisi; 2000.
27. Berg T, Petersen A, Pedersen GA, Petersen J, Madsen C. The release of nickel and other trace elements from electric kettles and coffee machines. Food Additives & Contaminants. 2000;17:189-96.
28. Wigle DT, Charlebois EJ. Electric kettles as a source of human lead exposure. Arch Environ Health. 1978;33:72-8.