

# Kırklareli İli içme-kullanma sularının organoleptik özelliklerinin koliform kirliliğiyle ilişkisinin değerlendirilmesi

## Evaluation of the relationship of organoleptic properties of drinking waters of Kırklareli Province with coliform pollution

Ahmet Burak DURLU<sup>1</sup> (ID), Ahmet Önder PORSUK<sup>1</sup> (ID), Çiğdem CERİT<sup>1</sup> (ID)

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışma ile Kırklareli ilinde koagülant ajan ile arıtım olmaksızın insani tüketime sunulan içme-kullanma sularının organoleptik özelliklerinden olan renk, koku ve bulanıklık parametrelerinin değişiminde koliform bakterilerin etkisinin ölçülmesi ve bu parametrelerdeki değişimlerin birbirleriyle ilişkilerinin istatistiki olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Araştırma kapsamında Kırklareli ili genelinde Kasım 2019 - Kasım 2021 tarihleri arasında 218 noktadan toplam 1022 tane içme-kullanma suyu numunesi alınmıştır. Numunelerin *Escherichia coli* ve diğer koliform bakteri analizi numunelerin membran filtrasyon işleminden sonra geleneksel kültür metoduyla 100 ml'de kantitatif olarak; renk, koku ve bulanıklık parametreleri ise 98/83/EC normu doğrultusunda tüketicilerce kabul edilebilir durumda olduğunun uygunluğuna göre kalitatif olarak değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** 1022 numune içerisinde *E. coli* ve diğer koliform bakteri üremesi görülen numune sayısı sırasıyla 229 ve 244 olup (toplam koliform üreyen numune 352)

### ABSTRACT

**Objective:** In this study, it was aimed to measure the effect of coliform bacteria on the change of organoleptic characteristics of the color, odor and turbidity parameters of drinking water offered for human consumption without treatment with coagulant agents in Kırklareli province and to determine the statistical relationship between the changes in these parameters.

**Methods:** Within the scope of the research, a total of 1022 drinking water samples were taken from 218 points throughout the province of Kırklareli between November 2019-2021. *Escherichia coli* and other coliform bacteria (OCB) analysis of samples were quantitatively in 100 ml by traditional culture method after membrane filtration process of samples; color, odor and turbidity parameters were evaluated qualitatively according to the conformity of being acceptable to consumers in line with the 98/83/EC norm.

**Results:** The number of samples with *E. coli* and OCB growth in 1022 samples is 229 and 244, respectively (total coliform growing sample is 352) and the number

\*Bu çalışmanın verilerinin bir kısmı 01-04 Aralık 2022 tarihleri arasında Antalya'da düzenlenen 6. Uluslararası ve 24. Ulusal Halk Sağlığı Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

<sup>1</sup>Kırklareli İl Sağlık Müdürlüğü, Kırklareli, Türkiye



İletişim / Corresponding Author : Ahmet BURAK DURLU  
Bademlik Mahallesi, Bademlik Caddesi, No: 13, Merkez Kırklareli - Türkiye  
E-posta / E-mail : ahmetburakdumlu@gmail.com

Geliş Tarihi / Received : 30.08.2022  
Kabul Tarihi / Accepted : 21.07.2023

DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2024.90698

Dumlu AB, Porsuk AO, Cerit C. Kırklareli İli içme-kullanma sularının organoleptik özelliklerinin koliform kirliliğiyle ilişkisinin değerlendirilmesi. Turk Hij Den Biyol Derg, 2024; 81(3): 269 - 278

rengi, kokusu ve bulanıklığı tüketicilerce kullanıma uygun olmayan numune sayısı sırasıyla 79, 51 ve 145'tir. *E. coli* ve diğer koliform bakteri üremelerinin suyun rengi, kokusu ve bulanıklığı üzerindeki etkisi %95 güven aralığında ikili (binomial) lojistik regresyon analizi ile araştırılmıştır. Buna göre ortaya çıkan regresyon modeli "Koku" parametresi için anlamlı bulunmuş olup (Hosmer&Lemeshow  $p>0,05$ ), renk ve bulanıklık parametreleri için anlamlı değildir. Araştırmanın bağımsız değişkenleri suyun kokusu üzerindeki değişimlerin yüzde 8,9'unu açıklamaktadır (Nagelkerke  $R^2 = 0,089$ ; Omnibus Ki Kare = 30,265; Sd =2;  $p<0,001$ ). Ayrıca analiz sonucu ikili kategorik olarak değerlendirilen renk, koku ve bulanıklık parametrelerinin birbirleriyle ilişkisini belirlemeye yönelik gerçekleştirilen Ki Kare ( $X^2$ ) analizine göre; bulanıklık-renk, bulanıklık-koku ile renk-koku parametreleri arasında %95 güven aralığında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (Sırasıyla  $X^2 = 260,690$ ; 53,492; 94,352. Hepsi  $p<0,001$ ). Suların bulanıklığı ile rengi arasındaki ilişki güçlü, bulanıklığı ile kokusu ve rengi ile kokusu arasındaki ilişki ise zayıftır (Sırasıyla Cremers V = 0,533; 0,229; 0,034. Hepsi  $p<0,001$ ).

**Sonuç:** Çalışmamızda incelenen su örneklerinin organoleptik özellikleriyle mikrobiyal kirliliği arasında ilişki olabileceğinin tespit edilmiş olması nedeniyle, içme-kullanma sularında organoleptik yöntemlerle uygunsuzluk saptandığında, bakteriyolojik kirlilik de olabileceğinin daima göz önüne alınması ve aksi ispatlanıncaya kadar bakteriyolojik kirlilik açısından dikkatli olunması gerektiği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu, organoleptik, koliform basil, *Escherichia coli*, su mikrobiyolojisi

of samples whose color, odor and turbidity are not suitable for use by consumers are 79, 51 and 145, respectively. The effect of *E. coli* and OCB growth on the color, odor and turbidity of water was investigated by binary logistic regression analysis at 95% confidence interval. Accordingly, the resulting regression model was found to be significant for the "Odor" parameter (Hosmer&Lemeshow  $p>0.05$ ), but not for the color and turbidity parameters. It explains 8.9% of the changes in the odor of water in the independent variables of the research (Nagelkerke  $R^2 = 0.089$ ; Omnibus Chi-Square =30.265; Sd =2;  $p<0.001$ ). In addition, according to the Chi-Square ( $X^2$ ) analysis carried out to determine the relationship between color, odor and turbidity parameters, which are evaluated as binary categorical analysis; There is a significant relationship between turbidity-color, turbidity-odor and color-odor parameters at the 95% confidence interval ( $X^2=260,690$ ; 53.492; 94.352, all  $p<0.001$ ). The relationship between turbidity and color of water is strong, while the relationship between turbidity and odor and color and odor is weak (Cremers V=0.533; 0.229; 0.034, all  $p<0.001$ ).

**Conclusion:** Since it has been determined in our study that there may be a relationship between the organoleptic properties of the water samples and their microbial pollution, it can be said that when non-suitable condition is detected with organoleptic methods in drinking water, the possibility of bacteriological pollution should always be taken into account and should be careful in terms of bacteriological pollution until proven otherwise.

**Key Words:** Drinking water, organoleptic, coliform bacilli, *Escherichia coli*, water microbiology

## GİRİŞ

Su; tüm organik dokularda bulunan tatsız, kokusuz ve mükemmel derecede çözücü bir sıvıdır. Su insan vücudu hacminin yaklaşık %75'ini oluşturur ve bilindiği üzere yaşam susuz düşünülemez. Bu

nedenle, sürekli bir içme suyu kaynağına ihtiyacımız bulunmakta ve bu içme sularının insan sağlığını bozmamasını sağlamak amacıyla sürekli olarak kontrollerinin yapılması gerekmektedir (1). Diğer yiyecek ve içecekler gibi, tüketiciler de musluk suyunu öncelikle duyuşsal nitelikleriyle değerlendirir.

İçme suyunun içerik olarak güvenli olmasının yanında aynı zamanda fiziksel özellikleri bakımından da kabul edilebilir olması tüketicilerce yüksek öncelik oluşturmaktadır. Tüketiciler genellikle kendi içme sularının güvenliğini kendi kendilerine yargılamak için fiziksel olarak değerlendirmek haricinde başka bir araca sahip değildir. Tüketicilerin bulanık, rengi farklı görünen ya da hoş olmayan bir tada veya kokuya sahip suya şüpheyle bakmaları doğaldır, ancak bu özellikler kendi başlarına suyun sağlığa uygun olup olmadığını belirlemek için doğrudan bir gösterge olmayabilir. İçme suyunda insan sağlığında olumsuz herhangi bir etki oluşturmayacak düzeyde bulunan bir etkenin, suyun tüketicilerce kullanılmasını etkileyecek kadar fiziksel özelliklerini değiştirebileceği gibi, insan sağlığında olumsuz etki yaratabilecek bir etkenin ise suyun fiziksel özelliklerini değiştirmeden içeriğinde bulunabilmesi mümkündür. Bileşenlerin tüketiciler için sakıncalı olduğu konsantrasyon değişkendir. Ayrıca topluluğun alıştığı suyun kalitesi çeşitli sosyal, çevresel ve kültürel hususlar dahil olmak üzere bireysel ve yerel faktörlere de bağlıdır. Olumsuz sağlık etkileriyle doğrudan bağlantısı olmayan ancak su kalitesini etkileyen bileşenler için referans değerler oluşturulmamıştır. Ancak içme sularında fiziksel etkiye neden olabilecek bazı maddeler için tüketicilerin bunları duymaları ile algılama yetenekleri çok geniş bir aralıkta olduğundan dolayı düşük konsantrasyonlarda referans değerler oluşturulmuştur. Bu referans değerler uluslararası standartlar ve yerel dinamikler doğrultusunda şekillendirilmektedir. Su arıtma ve dağıtım uygulamalarının içme suyunun tüketicilerce kabul edilebilirliğini ve sağlık açısından sorun riskini en aza indirmek için yönetimini sağlamak önemlidir. Örneğin, uygun şekilde yönetilmeyen kloraminasyon işlemi kabul edilemez tat veya kokuya neden olabilen trikloraminlerin oluşumuna yol açabilir. Ayrıca dağıtım sistemlerinde akış bozulduğunda veya değiştiğinde tüketicilere ulaştırılan suyun görüntüsünde bozulmalar meydana gelmiş olabilir. Koku, renk, bulanıklık gibi suyun fiziksel parametreleri doğal organik ve inorganik maddeler, sentetik kimyasallar,

korozyon ve kloraminasyon gibi dağıtım ve arıtım işlemlerinden kaynaklı problemler, doğal biyolojik kaynak (akuatik mikroorganizmalar) ya da prosesler veya fekal mikrobiyal kontaminasyon gibi birçok etkenden ötürü çeşitlilik gösterebilir (2).

Halk ve çevre sağlığının korunması, güvenli içme suyu sağlanmasıyla mümkündür. Suyun “güvenli” olarak kabul edilmesinin en önemli şartlarından biri de patojenik bakterileri içermemesidir. Su kaynaklarında yayılan patojenler arasında en sık rastlananları enterik patojenlerdir. Bu nedenle insan kullanımına ayrılmış sulardaki fekal kirlilik kaynakları sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir (3). İçme sularında bulunan koliformlar, tüm dünyada kirlilik göstergesi olarak kabul görmektedir. Toplam koliform terimi, 35-37 °C’de 24 saatte üreyebilen gram negatif, geniş aralıklı aerob ya da fakültatif anaerob, spor oluşturmayan, laktozu fermente edip asit veya aldehit oluşturabilen ve yüksek konsantrasyonlardaki safra tuzunda üreyebilen bakteri grubunun tanımlanması için kullanılmaktadır. *Escherichia coli* ve termotolerant koliformlar, yüksek sıcaklıklarda laktoz fermente edebilen toplam koliform grubunun bir alt kümesidir. Laktoz fermentasyonunun bir parçası olarak, toplam koliformlar  $\beta$ -galaktosidaz enzimini üretir (2). Patojenik bakterilerden daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edilen koliformlar, su ortamlarında entero-patojenlerin potansiyel varlığının bir indeksi olarak kullanılır. Koliform grubunun ve daha spesifik olarak *Escherichia coli*’nin mikrobiyolojik su kalitesinin bir göstergesi olarak kullanımı, 19. yüzyılın sonunda dışkıdan ilk izolasyonlarından kaynaklanmaktadır. Koliformların bazıları çevresel kökenli olduklarından, çeşitlendirilmiş doğal ortamlarda da rutin olarak bulunur, ancak içme suyu onlar için doğal bir ortam olarak değerlendirilmemelidir. İçme suyundaki mevcudiyetleri sağlığı tehdidi olarak, mikrobiyolojik su kalitesi bozulmasının göstergesi olarak düşünülmelidir. Genellikle koliform içermeyen bir içme suyunda, arıtma ve dezenfeksiyon kaynaklı problemler, kontamine su bulaşı ya da dağıtım

sistemlerindeki pasif koliformun aktif hale gelmesi gibi nedenlerden ötürü tekrar koliform varlığı görülebilir. Bu nedenle hanelere dağıtılan içme suları sürekli kontrol altında tutulmalıdır (4-6).

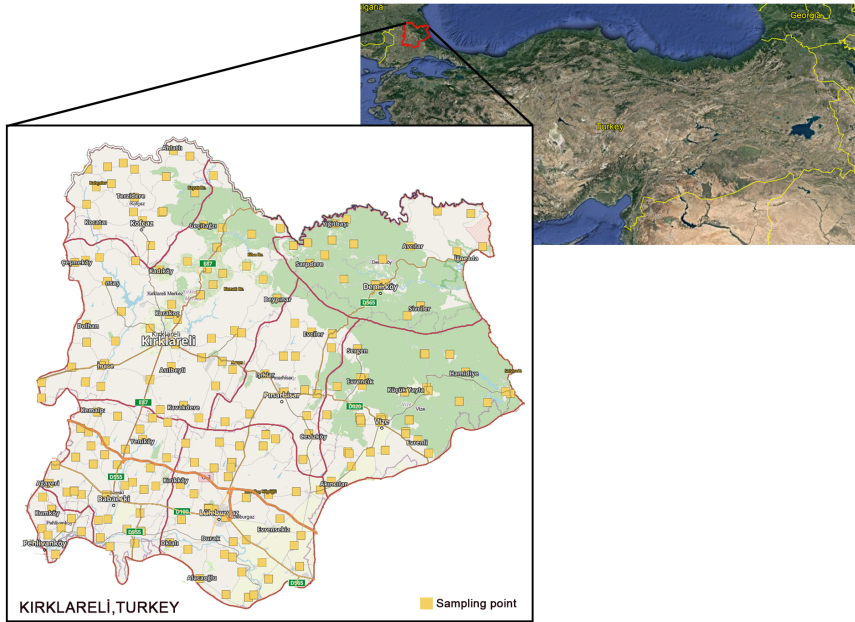
İnsani tüketime sunulan sular gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde regülasyonlara tabii tutulmaktadır. Bu mevzuatta da belirtildiği üzere suların mikrobiyolojik, kimyasal, radyoaktif ve fiziksel kontrolleri düzenli olarak yapılmalıdır. Bu parametreler arasından koliform bakterilerin tespiti ve suların organoleptik özelliklerinin kontrolleri sık sık gerçekleştirilmektedir. Buna göre ülkemizde yürürlükte olan ve 98/83/EC Avrupa Birliği direktifine (güncel olarak 2020/2184 direktifi) paralel olarak hazırlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik kapsamında suda koliform bakterilerin varlığı istenmezken, suyun organoleptik özelliklerinde ise (tat, koku, bulanıklık, renk) suyun kalitesine uygun olarak tüketicilerce kabul edilebilir olması ve anormal değişiklik olmaması istenir. Bu çalışma kapsamında Kırklareli ilinde koagülant ajan ile arıtım olmaksızın insani tüketime sunulan

suların organoleptik özelliklerinden olan renk, koku ve bulanıklık parametrelerinin değişiminde koliform bakterilerin etkisinin istatistikî olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

### Su Örneklerinin Toplanması

Analiz edilecek su örnekleri Kasım 2019- Kasım 2021 tarihleri arasında Kırklareli ilinin sekiz ilçesinde yaklaşık olarak eşit sayıda numune sayısına sahip toplam 218 numune alma noktasından insani olarak tüketime sunulan musluk suları arasından elde edilmiş olup toplam 1022 adettir (Şekil 1). Numuneler mikrobiyolojik analiz için 1000 ml'lik sodyum tiosülfatlı steril şişelerde, organoleptik analiz için ise 1500 ml'lik steril saydam plastik şişelerde aseptik şartlara uygun olarak alınmış olup soğuk zincirde en geç 8 saat içerisinde laboratuvara ulaştırılmış ve analize başlanmıştır. Araştırmanın konusu ve materyalleri Etik Kurul Onayı kapsamında değildir.



Şekil 1. Kırklareli ilinin Türkiye'deki konumunu ve il içerisindeki numune alım noktalarını gösteren harita

### Koliform Bakterilerin Analizi

Numunelerdeki Koliform bakterilerin varlığı TS EN ISO 9308-1: 2014 standardına uygun olarak tespit edilmiştir. Analiz için membran filtrasyon yöntemi (0,45 µm por çaplı Sartorius™ marka selüloz nitrat filtre kağıdı) kullanılmıştır. 100 ml numuneler, membran filtrasyon işleminden sonra filtreler kromojenik koliform besiyerine (Sartorius™) yerleştirilmiş ardından 36±2 °C’ de 18-24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında üreme görülen koyu lacivert (β-D-galaktosidaz ve β-D-glukuronidaz reaksiyonu pozitif) koloniler *Escherichia coli* olarak tespit edilmiş, pembe-leylak rengi (sadece β-D-galaktosidaz reaksiyonu pozitif) koloniler ise şüpheli koliform olarak belirlenerek oksidaz testi ile doğrulamalarının yapılabilmesi için pasajlanmış, bu maksatla Triptik Soy Agar (TSA) (Merck™) besiyerine inoküle edilerek 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında TSA’da gelişen şüpheli koliform bakteri kolonileri oksidaz testine alınmış, oksidaz negatif olan koloniler koliform olarak değerlendirildikten sonra *E. coli* sayısı da eklenerek toplam koliform sayısı elde edilmiştir.

### Organoleptik Parametrelerin Analizi

1500 ml’lik saydam steril şişelerde alınan numuneler tamamen duyuşal olarak kokusuna, rengine ve bulanıklığına bakılarak en az iki analist ile çift kör yöntemiyle analiz edilmiş olup, estetik özelliklerinin İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik doğrultusunda tüketicilerce kabul edilebilir durumda

olduğunun uygunluğuna göre “Uygun” ya da “Uygun Değil” olarak sonuçlandırılmıştır. Analistler arası uyumsuzluklarda üçüncü bir analist devreye alınarak karar verilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Kantitatif olarak sonuçlandırılan *E. coli* ve diğer koliform bakteri (*E. coli* olmayan, sadece sadece β-D-galaktosidaz reaksiyonu pozitif olan koliform bakteriler) verileri ile aynı numuneye ait ikili kategorik veri olarak sonuçlandırılan renk, koku, bulanıklık parametreleri istatistiksel analize alınmıştır. Çıme sularında indikatör olarak tespiti yapılan toplam koliform parametrelerinin (*E. coli* ve diğer koliform bakteri) %95 güven aralığında suyun rengi, kokusu ve bulanıklığındaki değişimine etkisi ayrı ayrı olarak ikili lojistik regresyon analizi ile araştırılmıştır. Ayrıca suların renk, koku ve bulanıklık parametrelerinin birbirleriyle bağımsız ilişkisi Ki Kare ( $\chi^2$ ) testi ile analiz edilmiştir. Bulunan sonuçların istatistiksel açıdan değerlendirilmesinde,  $p$  değeri 0,05’in altında olan bulgular anlamlı kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler için IBM SPSS 22 programı ile Python yazılımı üzerinde çalışan Pandas ve Seaborn kütüphanelerinden yararlanılmıştır.

## BULGULAR

Kırklareli ili geneli 218 noktadan alınan toplam 1022 adet arıtımsız su numunesinin gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizlere göre elde edilen verilerin özeti Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Numunelere ait mikrobiyolojik analiz verileri (N=1022)

Parametre	Ortalama kob*	Standart Sapma
Toplam Koliform Bakteri	27,68	129,407**
<i>Esherichia coli</i>	16,60	110,502**
Diğer Koliform Bakteri	11,08	65,134**

\*kob = koloni oluşturan bakteri (100 ml numune için)

\*\*mod=0, medyan=<0,001

1022 numunenin 352 tanesinde toplam koliform bakteri üremesi, 229’ünde ise *E. coli* üremesi görülmüştür. *E. coli* ile birlikte diğer koliform bakteri üremesi görülen numune sayısı 121’dir. Numunelerde görülen minimum ve maksimum üreme sayıları 100 ml için sırasıyla 1 ila 1000 kob olmak üzere değerlendirmeye alınmıştır. Numunelerde tespit edilen mikrobiyolojik koloni üreme sayılarına

göre numune sayılarının sınıflandırılması Tablo 2’de gösterilmiştir.

Analiz edilen toplam 1022 numunenin renk, koku ve bulanıklık parametrelerinin değerlendirmesinde “Uygun” ya da “Uygun Değil” olarak sonuçlandırılan numune sayısının çapraz olarak sınıflandırılması Tablo 3’te gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Numunelerin görülen mikrobiyolojik üreme sayı aralığına göre sınıflandırılması (N=1022)

Parametre/ kob*	0	1-10	11-50	50-100	101-500	>500
Toplam Koliform Bakteri	670	137	126	49	23	17
<i>Escherichia coli</i>	793	134	54	22	6	13
Diğer Koliform Bakteri	778	101	101	26	12	4

\*100 ml’de görülen koloni üreme sayısı

**Tablo 3.** Numunelere ait organoleptik analiz verilerinin çapraz tablo olarak gösterimi (N=1022)

Parametre	Değerlendirme	Renk		Koku		Toplam
		Uygun	Uygun Değil	Uygun	Uygun Değil	
Bulanıklık	Uygun	860	17	851	26	877
	Uygun Değil	83	62	120	25	145
Koku	Uygun	914	57	-	-	971
	Uygun Değil	29	22	-	-	51
Toplam		943	79	971	51	1022

Analiz sonucu ikili kategorik olarak değerlendirilen renk, koku ve bulanıklık parametrelerinin birbirleriyle ilişkisini belirlemeye yönelik gerçekleştirilen analize göre; bulanıklık-renk, bulanıklık-koku ile renk-koku parametreleri arasında %95 güven aralığında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (Sırasıyla  $\chi^2 = 260,690$ ;  $53,492$ ;  $94,352$ . Hepsi  $p < 0,001$ ). Suların bulanıklığı ile rengi arasındaki ilişki güçlü, bulanıklığı ile kokusu ve rengi ile kokusu arasındaki ilişki ise zayıftır (Sırasıyla  $Cremers V = 0,533$ ;  $0,229$ ;  $0,034$ . Hepsi  $p < 0,001$ ). Ayrıca tüm organoleptik parametreler açısından tüketicilerce kullanıma uygun olarak belirlenmiş 838 numune içerisinde 100 ml’de toplam koliform üremesi görülen numune sayısı 281 olmakla birlikte

bu numuneler arasından 171’inde *E. coli* üremesi, 207’sinde ise *E. coli* harici diğer koliform üremesi gözlenmiştir.

Kırklareli ili genelinde halkın kullanımına sunulan içme-kullanma sularında görülen *E. coli* ve diğer koliform bakteri varlığının, suyun organoleptik parametrelerine yönelik etkisinin hesaplanması amacıyla %95 güven aralığında ikili(binomial) lojistik regresyon analizi test edilmiştir (Tablo 4).

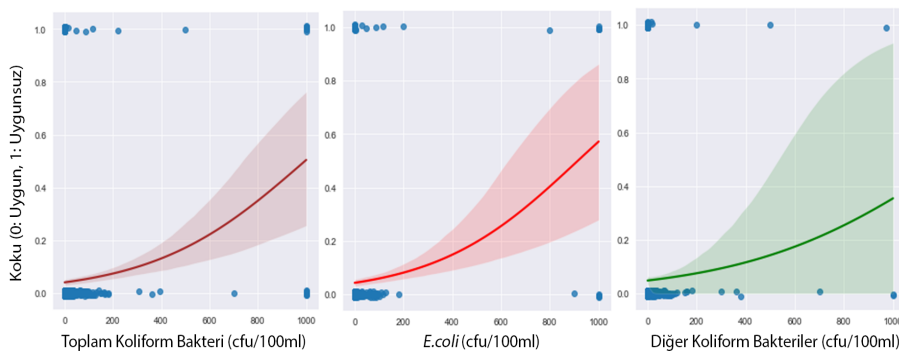
Gerçekleştirilen binomial (ikili) lojistik regresyon analizi testi sonucunda ortaya çıkan regresyon modeli koku parametresi için anlamlı bulunmuş olup, renk ve bulanıklık parametreleri için anlamlı değildir. Araştırmanın bağımsız değişkenleri olan

*E. coli* ve diğer koliform bakteriler suyun kokusu üzerindeki değişimlerin %8,9'unu açıklamaktadır. Modelin içme-kullanma sularında koku parametresini gözlenen verilere göre "Uygun" olarak tahmin etme yüzdesi %99,4 iken "Uygun Değil" olarak tahmin etme yüzdesi ise %13,7; tahmin doğruluğu genel yüzdesi ise %95,1'dir. Bulanıklık ve Renk parametrelerinin verileri test varsayımları sağlanamadığından ötürü değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca elde edilen analiz verilerinin doğrulamasının yapılması maksadıyla toplam koliform parametresinin tekil

olarak koku, renk ve bulanıklık parametreleri üzerindeki etkisi %95 güven aralığında binomial (ikili) lojistik regresyon analizi gerçekleştirilmiş, *E. coli* ve diğer koliform bakterilerin etkisinin ölçüldüğü analiz sonuçlarına benzer şekilde koku üzerine etkisi anlamlı bulunmuş (Nagelkerke R<sup>2</sup> =0,087; Omnibus Ki Kare = 29,656; Sd =1;  $p < 0,001$ ; Hosmer&Lemeshow =  $p > 0,05$ ), diğer parametreler üzerindeki etkisi ise anlamlı bulunmamıştır (Hosmer&Lemeshow =  $p < 0,05$ ) (Şekil 2).

**Tablo 4.** *E. coli* ve diğer koliform bakteri parametrelerinin organoleptik parametreler üzerindeki etkisi (N=1022)

Parametre	B	S.E.	Wald	Sd	p	Exp(B)	Exp (B) %95 Güven Aralığı		
							Düşük	Yüksek	
Koku	D.Koliform	0,002	0,001	4,587	1	0,032	1,002	1,000	1,005
	<i>E. coli</i>	0,003	0,001	32,680	1	<0,001	1,003	1,002	1,005
	Sabit	-3,154	0,159	392,633	1	<0,001	0,043	-	-
	Nagelkerke R <sup>2</sup> =0,089; Omnibus Ki Kare = 30,265; Sd =2; $p < 0,001$ ; Hosmer&Lemeshow = $p > 0,05$								
Renk	D.Koliform	-0,002	0,003	0,314	1	0,575	0,998	0,992	1,005
	<i>E. coli</i>	0,003	0,001	28,098	1	<0,001	1,003	1,002	1,004
	Sabit	-2,583	0,126	420,504	1	<0,001	0,076	-	-
	Nagelkerke R <sup>2</sup> =0,062; Omnibus Ki Kare = 27,034; Sd =2; $p < 0,001$ ; Hosmer&Lemeshow = $p < 0,05$								
Bulanıklık	D.Koliform	-0,002	0,002	0,638	1	0,425	0,998	0,993	1,003
	<i>E. coli</i>	0,003	0,001	17,610	1	<0,001	1,003	1,001	1,004
	Sabit	-1,848	0,094	385,468	1	<0,001	0,158	-	-
	Nagelkerke R <sup>2</sup> =0,032; Omnibus Ki Kare = 18,642; Sd =2; $p < 0,001$ ; Hosmer&Lemeshow = $p < 0,05$								



**Şekil 5.** Kırklareli ili içme-kullanma sularındaki koliform bakteri varlığının suyun organoleptik parametrelerinden olan koku parametresi üzerindeki %95 güven aralığında anlamlı etkisini gösterir lojistik regresyon grafiği



## TARTIŞMA

WHO'nun da rehberinde bahsettiği üzere tüketicilerce kullanıma sunulan suların duyular aracılığıyla algılanan renk, bulanıklık ve koku gibi organoleptik özellikleri su kaynağının coğrafik özellikleri, suların kimyasal ya da mikrobiyal kontaminasyonu ya da kloraminasyon gibi arıtım ve dağıtım aşaması sürecindeki işlemler de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Literatür detaylı olarak incelendiğinde ise bu konuda gerçekleştirilen çalışmalar içme-kullanma sularında görülen fekal mikrobiyal kontaminasyonun suyun organoleptik özellikleri üzerindeki etkisinin önemini vurgulama konusunda yetersiz kaldığı düşünülmektedir.

Koçak ve Güner tarafından 2009 yılında Erzurum'da yapılan bir çalışmada, toplamda 70 numunenin incelendiği ve bunlardan yalnızca bir tanesinde bulanıklık değerinin izin verilen maksimum değerden düşük olduğu, diğer numunelerin hepsinin (%98,5) izin verilen değer üzerinde olduğu bildirilmiştir. Buna karşın numunelerin %48,5'inde (n=34), çalışmanın yapıldığı tarihlerde yürürlükte olan mevzuata göre bakteriyel uygunsuzluk olduğu belirtilmektedir (7). Bu bulgular suların bulanıklığı ile bakteriyel kirliliği arasında birebir olmasa dahi bir ilişki olabileceğini düşündürmektedir. Buna mukabil yine Erzurum'da 2019 yılında Gökçen ve Atasever tarafından yapılan bir çalışmada, il merkezi ve ilçe merkezlerinden alınan numunelerin %8,6'sında bakteriyel uygunsuzluk olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada ise alınan numunelerin tamamının gerek bulanıklık ve renk değerleri, gerekse koku ve tat değerleri açısından yürürlükteki mevzuata uygun olduğu belirtilmektedir (8). Brooks ve arkadaşları tarafından, Batı Kenya'da hanelere dağıtılan depolanmış içme-kullanma sularının kullanıcılarla algılanan parametreleri(organoleptik) ile genel kalitelerinin *E. coli* üremeleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını tespit etmeye yönelik gerçekleştirdikleri çalışma neticesinde Colilert aracılığıyla tespit edilen

*E. coli* kontaminasyonu (>1 MPN/100 ml) varlığı ile suların tat veya kokusu açısından mükemmelden daha az olarak değerlendirilenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Ayrıca CBT (Compartment Bag Test) ile gerçekleştirdikleri *E. coli* analizleriyle ise tat ve koku algıları için benzer sonuçlar bulmuş, fakat bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ifade etmişlerdir (9). Kamboçya'da ise yapılan bir çalışma kapsamında Orgill ve arkadaşları *E. coli* ile organoleptik parametreler arasında istatistiksel olarak bir ilişki saptayamamıştır (10). ABD'nin Alabama eyaletinde gerçekleştirilen bir çalışmada ise Wedgworth ve arkadaşları hanelere sunulan suların estetik parametreleri ile toplam koliform verileri arasında anlamlı bir ilişki gözlenmediğini ifade etmiştir (11). Dianty ve arkadaşları ise içme sularındaki toplam koliform ve *E. coli* mevcudiyetinin insanlarca algılanan parametreler üzerindeki etkisini anlamlı bulmamışken tüketicilerin bireysel tercihlerine göre sonucun farklılaştığını belirtmişlerdir (12). Son yıllarda ise Hu ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışma sonucunda, özellikle koliform üremeleri nispeten yüksek olan (ortalama 8 kob/100 mL) içme sularının kokusunun tüketicilerce uygun bulunmadığı anket ve istatistik çalışmaları sonucu açıkça ifade edilmiştir (13).

Literatür kapsamlı olarak incelendiğinde içme-kullanma sularının gerek estetik, gerekse organoleptik olarak değerlendirilen bulanıklık, renk ve koku parametrelerinin değişiminin her zaman tek faktörle açıklanamayacağı, bazen de çeşitli maddelerin sinerjik etkisiyle ya da coğrafi farklılıklara göre değişim göstereceğini ortaya koymaktadır (14). Stauber tarafından kaleme alınan bir editöryel makalede ise içme suyu kalitesinin organoleptik algısı üzerine yapılan araştırmaların çoğunlukla gelişmiş ülkelerde tüketici tercihini anlamaya yönelik karmaşık yaklaşımlardan oluşmakta olduğunu, suyun tüketicilerce algılanan özellikleri üzerine metodoloji geliştirilmesinin ihtiyacını ve su kalitesinin değerlendirilmesinde organoleptik



parametrelerin birincil olarak değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir (15).

Ülkemizde değişik bölgelerde yapılan pek çok çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, verdiğimiz Erzurum'da yapılan iki farklı çalışma örneğinde olduğu gibi bazı çalışma sonuçları içme-kullanma amacıyla kullanılan suların bulanıklık, tat, koku gibi özellikleriyle, bakteriyel kirliliği arasında ilişki olabileceğini düşündürürken, bazı çalışmalar da tersine bulgular içermektedir (16-18). Ancak yapılan literatür incelemesinde, ülkemizde yapılmış içme-kullanma sularının organoleptik özellikleriyle mikrobiyal kirliliği arasında ilişki olup olmadığını değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızda, Kırklareli ili genelinde halkın kullanımına sunulan içme-kullanma sularının organoleptik özelliklerinden koku parametresinin değişiminde, yapılan lojistik regresyon analizine göre FIO parametrelerinden *E. coli* ve diğer koliform bakterilerin istatistiki olarak %95 güven aralığında %8,9 oranında yordayıcı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca suyun organoleptik parametrelerinin değişimlerinin birbirleriyle olan ilişkisi analiz edildiğinde suyun

bulanıklığı ile renginin değişiminin güçlü şekilde ilişkili olduğu gözlenmiştir. Ancak çalışmamızın en önemli kısıtlılığı belli bir bölge ve zaman dilimini kapsayan bir kesitsel çalışma olmasıdır. Ayrıca yine çok önemli kısıtlılık da, çalışmamızda organoleptik parametrelerle yalnızca koliform bakteri varlığının etkisinin karşılaştırılmış olmasıdır. Numunelerde koliform dışında bulunabilecek ve organoleptik özellikleri değiştirebilecek bir flora olup olmadığı, yani karıştırıcı faktörler bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir. Bu itibarla benzer çalışmaların ülke genelinde yapılması konu hakkında daha kapsamlı bilgi birikiminin oluşması açısından gereklidir.

Çalışmamızın en önemli sonucu, incelenen su örneklerinin organoleptik özellikleriyle mikrobiyal kirliliği arasında ilişki olabileceğinin tespit edilmiş olmasıdır. Bu nedenle, içme-kullanma sularında organoleptik yöntemlerle uygunsuzluk saptandığında, bakteriyolojik kirlilik de olabileceğinin daima göz önüne alınması ve aksi ispatlanıncaya kadar bakteriyolojik kirlilik açısından dikkatli olunması gerektiği söylenebilir.

## ETİK KURUL ONAYI

\* Bu çalışma, Etik Kurulu onayı gerektirmemektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

## KAYNAKLAR

1. Gilbride K. Molecular methods for the detection of waterborne pathogens. *Waterborne pathogens*. 2014;231-90.
2. WHO. Guidelines for drinking-water quality: Fourth Edition Incorporating The First Addendum. Microbial Aspects. Geneva: World Health Organization; 2017:219-20.
3. Rompré A, Servais P, Baudart J, De-Roubin M-R, Laurent P. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *J Microbiol Method*, 2002;49(1):31-54.
4. Clark R, Geldreich E, Fox K, Rice E, Johnson C, Goodrich J, et al. Tracking a *Salmonella* serovar *typhimurium* outbreak in Gideon, Missouri: role of contaminant propagation modelling. *J Int Water Supp Assoc*, 1996;45:171-83.
5. Geldreich EE, Fox KR, Goodrich JA, Rice EW, Clark RM, Swerdlow DL. Searching for a water supply connection in the Cabool, Missouri disease outbreak of *Escherichia coli* 0157:H7. *Water Res*, 1992;26(8):1127-37.
6. McFeters G, Kippin J, LeChevallier M. Injured coliforms in drinking water. *App Environ Microbiol*, 1986;51(1):1-5.
7. Koçak Ö, Güner A. Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. *Atatürk Üni Vet Bil Derg*, 2009;4(1):9-22.
8. Gökçen H, Atasever M. Erzurum bölgesindeki içme sularının kalitesinin belirlenmesi. *Atatürk Üni Vet Bil Derg*, 2019;14(2):159-69.
9. Brooks YM, Collins SM, Mbullo P, Boateng GO, Young SL, Richardson RE. Evaluating human sensory perceptions and the compartment bag test assays as proxies for the presence and concentration of *Escherichia coli* in drinking water in western Kenya. *Am J Tropic Med Hyg*, 2017;97(4):1005.
10. Orgill J, Shaheed A, Brown J, Jeuland M. Water quality perceptions and willingness to pay for clean water in peri-urban Cambodian communities. *J Water Health*. 2013;11(3):489-506.
11. Wedgworth JC, Brown J, Johnson P, Olson JB, Elliott M, Forehand R, et al. Associations between perceptions of drinking water service delivery and measured drinking water quality in Rural Alabama. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(7):7376-92.
12. Dianty FR, Martono DN, Priadi CR. Public perception of drinking water quality in Bekasi City, Indonesia. *J Pen Pend IPA*. 2022;8(5):2551-5.
13. Hu G, Mian HR, Abedin Z, Li J, Hewage K, Sadiq R. Integrated probabilistic-fuzzy synthetic evaluation of drinking water quality in rural and remote communities. *J Environ Manage*, 2022;301:113937.
14. Fakiöğlu M, Karpuzcu ME, Öztürk İ. İçme sularında alg kaynaklı tat ve koku sorununun değerlendirilmesi. *Pamukkale Üni Müh Bil Derg*, 2018;24(6):1141-56.
15. Stauber C. The sustainable development goals for water: the need to consider perception, preference, and safety. *Am J Tropic Med Hyg*, 2017;97(4):985.
16. Aydın R, Atakav Y. Adana ili Seyhan ilçesindeki su depolarının bakteriyolojik ve fizikokimyasal açıdan incelenmesi. *Çukurova Üni Müh Mim Fak Derg*, 2018;33(1):131-42.
17. Dursun N. Ardahan ili şebeke sularının bazı fiziksel kimyasal ve mikrobiyal parametrelerinin mevsimsel olarak incelenmesi. *Gümüşhane Üni Fen Bil Derg*, 2022;12(3):904-16.
18. Şirin G, Demir Y. Çarşamba Ovası Sol sahilindeki bazı köylerde içme ve kullanma suyu problemleri ve çözümüne ilişkin öneriler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2007;22(3):248-59.