



Sakarya İlinde İçme ve Kullanma Sularından İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antibiyotik Direnç Durumlarının Belirlenmesi

Naşide DONMEZ¹ Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ^{2*} İhsan Hakkı ÇİFTÇİ³

¹Sakarya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye.

²Fenerbahçe Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri, İstanbul, Türkiye.

³Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye.

Received: 19.09.2024

Accepted: 06.12.2024

Published: 31.12.2024

Atıf yapmak için: Dönmez, N., Kahraman Kılbaş, E.P., Çiftçi, İ.H. (2024). Sakarya İlinde İçme ve Kullanma Sularından İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antibiyotik Direnç Durumlarının Belirlenmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(4), 691-696. <https://doi.org/10.35229/jaes.1552565>

How to cite: Dönmez, N., Kahraman Kılbaş, E.P., Çiftçi, İ.H. (2024). Determination of Antibiotic Resistance Status of *Escherichia coli* Strains Isolated From Drinking And Usage Water in Sakarya Province. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 691-696. <https://doi.org/10.35229/jaes.1552565>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1348-625X>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3263-8706>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9812-134X>

***Corresponding author's:**

Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ
Fenerbahçe Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri
Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar
Teknikleri, İstanbul, Türkiye
✉: elmspnrkk@gmail.com

Öz: Su sistemlerinde patojen kontaminasyonu giderek artmakta ve bu durum, özellikle çocuklar arasında gastrointestinal enfeksiyonların artmasına yol açmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Sakarya il sınırlarında içme ve kullanma sularındaki *Escherichia coli* kontaminasyon riskini belirlemek ve izole edilen suşların antibiyotik direnç durumlarını incelemektir. Sakarya ilçelerinden 2023-2024 yılları arasında toplanan 450 su numunesinden *E. coli* izolasyonu, membran filtreleme yöntemi ve kromojenik koliform agar (CCA) kullanılarak yapıldı. Bakterilerin antibiyotik dirençleri disk difüzyon yöntemi ile değerlendirildi. Çalışmada 450 su numunesinin %15,6'sında *E. coli* tespit edildi. Geyve ilçesinden alınan su numunelerinin %72'sinde *E. coli* bulunmuş olup, bu oran diğer ilçelere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$). İzole edilen suşların %25,71'inin bir veya daha fazla antibiyotige dirençli olduğu belirlendi. *E. coli* suşları genel olarak karbapenemler ve 3. kuşak sefalosporinlere duyarlıdır, ancak bazı bakteri izolatlarında penisilin ve sefalosporinlere karşı direnç tespit edildi. Tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu bölgelerde içme ve kullanma sularında yüksek *E. coli* kontaminasyonu ve antibiyotik direnci tespit edilmiştir. Bu durum, yanlış ve aşırı antibiyotik kullanımının bir sonucu olarak görülmektedir. İçme sularındaki bu kontaminasyon, halk sağlığı açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. İçme ve kullanma sularındaki *E. coli* varlığı, suyun dezenfeksiyonunda eksiklikler olduğunu ve fekal kontaminasyon riskini işaret etmektedir. Su arıtma tesislerinin ve dezenfeksiyon yöntemlerinin iyileştirilmesi, antibiyotik direncinin önlenmesi ve halkın bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, suyun güvenli ve hijyenik bir şekilde temin edilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Keywords: *Escherichia coli*, antibiyotik direnci, içme suyu kontaminasyonu, fekal kontaminasyon.

Determination of Antibiotic Resistance Status of *Escherichia coli* Strains Isolated From Drinking And Usage Water in Sakarya Province

Abstract: Pathogen contamination in water systems is increasing and this situation leads to an increase in gastrointestinal infections especially among children. The aim of this study is to determine the risk of *E. coli* contamination in drinking and usage water within the borders of Sakarya province and to examine the antibiotic resistance status of the isolated strains. *E. coli* was isolated from 450 water samples collected from the districts of Sakarya between 2023-2024 using membrane filtration method and chromogenic coliform agar (CCA). Antibiotic resistance of bacteria was evaluated by disk diffusion method. *E. coli* was detected in 15.6% of 450 water samples. *E. coli* was found in 72% of the water samples taken from Geyve district, and this rate was found to be statistically significantly higher than other districts ($p<0.05$). It was determined that 25.71% of the isolated strains were resistant to one or more antibiotics. *E. coli* strains are generally sensitive to carbapenems and 3rd generation cephalosporins, but resistance to penicillin and cephalosporins was detected in some samples. High *E. coli* contamination and antibiotic resistance were detected in drinking and utility water in regions where agriculture and animal husbandry are intense. This situation is seen as a result of incorrect and excessive antibiotic use. This contamination in drinking water poses a great risk to public health. The presence of *E. coli* in drinking and utility water indicates deficiencies in disinfection of water and the risk of fecal contamination. Improving water treatment facilities and disinfection methods, preventing antibiotic resistance and raising public awareness are of great importance. The results of this study emphasize the need for safe and hygienic water supply.

***Sorumlu yazar:**

Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ
Fenerbahçe University, Health Services
Vocational School, Medical Laboratory
Techniques, İstanbul, Türkiye
✉: elmspnrkk@gmail.com

Anahtar kelimeler: *Escherichia coli*, antibiotic resistance, drinking water contamination, fecal contamination.

GİRİŞ

Su sistemlerinde patojen kontaminasyonu, adaptasyonu ve modifikasyonunun gün geçtikçe artması endişe verici hale gelmiştir. Sanitasyon ve hijyen eksikliğinden kaynaklanan kontamine sular aracılığıyla gelişen gastrointestinal enfeksiyonların, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bilhassa çocuklar arasında morbidite ve mortalite oranları yüksektir (Ram et al., 2008).

Salmonella spp., *Vibrio spp.* ve *Escherichia coli* gibi patojenler, su kaynaklarındaki kontaminasyonun önemli birer göstergesidir. Bu yüzden fekal koliformlar, rutin su kalitesi izlemesinde fekal kirliliğin göstergesi olarak kullanılır (Delair & Singh, 2017). *E. coli*, üreazı parçalayamaz ve diğer koliformlardan daha spesifik bir fekal kontaminasyon göstergesidir (Lucky 2007).

E. coli, sıcakkanlı hayvanların ve insanların bağırsak mikrobiyotalarında en yaygın izole edilen koliformdur. Gıda ve sulara varlığı esas olarak dışkı kontaminasyonu ile ilişkilendirilir. Bu nedenle, içme sularında *E. coli*'nin tespiti, suyun mikrobiyolojik güvenliğini tehdit ettiği için tolere edilmemektedir (Rompré et al 2002). Bu bakterinin pek çok sistemde enfeksiyona yol açtığı bilinen, Enterotoksijenik, Enteroinvaziv, Enteropatojenik, Enterohemorajik, Enteroagregatif, Diffüz Adheren *E. coli* gibi patojen suşları da vardır. Virülen özelliklerin kombinasyonu ile Enteroagregatif hemorajik *E. coli* gibi yeni suşlarla da ortaya çıkan diyare vakaları mevcuttur (Delair & Singh, 2017).

Antibiyotiklerin gelişimi, klinik kullanımda yer alması, yirminci yüzyılın en önemli tıbbi atılımlarındandır. Antibiyotikler, bulaşıcı hastalıkların tedavisine ek olarak, organ nakli ve riskli ameliyatlara gibi birçok modern tıbbi işlemi de mümkün kıldı. Ancak, antibiyotiklerin kötüye kullanılması antibiyotik direncinin hızla artmasına neden olmuş ve bazı enfeksiyon hastalıklarının başarılı tedavisinde kullanılan seçenekler son derece azalmıştır (Hutchings, Truman and Wilkinson 2019). Gram negatif ve Gram pozitif bakterilerde gözlenen çoklu antibiyotik direnci tedaviyi zorlaştırmakta ve bu etkenlerle meydana gelen enfeksiyonlar geleneksel olarak kullanılan antibiyotiklerle tedavi edilememektedir (Frieri et al., 2017).

Florokinolonlar, sefalosporinler, trimetoprim-sülfametoksazol, *E. coli*'nin neden olduğu toplum ve hastane kaynaklı enfeksiyonların tedavisinde sıklıkla kullanılmaktaydı. Ancak, bu ajanlara karşı gelişen direnç tedavide kullanımı sınırlandırdı. Ardından β -Laktam antibiyotiklerden özellikle 3. kuşak sefalosporinler, *E. coli*'nin neden olduğu ciddi toplum veya hastane kökenli

enfeksiyonları tedavi etmek için kullanılmaya başlandı (Pitout, 2012). *E. coli* suşları günümüzde karbapenemler de dahil olmak üzere pek çok antibiyotiğe karşı direnç göstermeye başladı. Türkiye'de yapılan güncel çalışmalarda *E. coli* suşlarında florokinolon, üçüncü kuşak sefalosporin ve beta laktam grubu antibiyotiklere karşı direncin artış gösterdiği bildirilmektedir (Tuna, vd., 2024; Çaşkurlu, vd., 2020). Günümüzde karmaşık antibiyotik direnç mekanizmaları ağını anlamak, büyüyen halk sağlığı problemleriyle mücadele etmek açısından oldukça önem taşımaktadır (Nasrollahian et al., 2024) Antibiyotiklere dirençli suşlar, hastane atık suları veya tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan dirençli bakterilerin gübreler aracılığıyla içme suyu sistemlerine karışması sonucu toplum sağlığını tehdit etmektedir. Dolayısıyla, dirençli *E. coli* suşlarının içme suyu sistemlerine girmesini engellemek için etkili su arıtma yöntemleri ve mikrobiyolojik denetimler önem arz eder.

Bu çalışmanın amacı, Sakarya ili ilçelerinden alınan içme ve kullanma sularındaki *E. coli* kontaminasyon riskini ve izole edilen izolatların antibiyotik direnç durumunun belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Numunelerin toplanması: Bu çalışma kapsamında Sakarya ilçelerinden 2023-2024 yılları arasında 20 mg/L sodyum tiyosülfat içeren 500 ml'lik su numune şişelerine farklı noktalardan alınan 450 adet şebeke suyu numunesi toplandı. Aseptik şartlarda alınan numuneler soğuk zincirde tutularak laboratuvara ulaştırıldı. Çalışmada *E.coli* izolasyonu ve tanımlanması için, *E. coli* ATCC 25922, referans suşu kullanıldı.

Mikrobiyolojik analizler: Su numuneleri membran filtre (por çapı 0,45 μ m) sistemi ile bir kez süzülde. Kaplardan steril pens yardımı ile alınan selüloz filtre kağıtları Kromojenik koliform agar (CCA) besiyeri üzerine hava boşluğu kalmayacak şekilde dikkatlice yerleştirildi. Petri kapları ters çevrilerek 37°C'lik etüve yerleştirildi ve 18-24 saat inkübasyon sonrası üreme kontrolü yapıldı. İnkübasyon sonrası TS EN ISO 9308-1 standardına göre petrilere görülen pembe-kırmızı koloniler koliform şüphelisi olarak, koyu mavi-mor koloniler *E. coli* olarak değerlendirildi (Çelebi, 2018), (Şekil 1).

İzole edilen bakteri izolatlarının identifikasyonu için VITEK MS System (bioMérieux, Inc.) kullanıldı (Bazzi, vd., 2017). Bu otomatize sistemin prensibi, farklı antimikrobiyal identifikasyon kartlarındaki biyokimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan optik sinyallerin değerlendirilmesi şeklindedir. Su numunelerinin inkübasyonu sonucunda 70 adet *E. coli* suşu izole edilmiş olup, çalışılana kadar derin dondurucuda (-20°C) saklandı.

Canlandırılması için, Yeast Extract Agar besiyerine bakteri soyları inoküle edilerek, 37°C'lik etüvde 18-24 saat inkübe edildi. *E.coli* kolonileri daha sonra EMB ve kanlı agar besiyerlerine pasajlandı (Şekil 1).



Şekil 1. CCA, Yeast extract agar ve EMB besiyerlerinde koliform ve *E. coli* kolonileri.

Figure 1. Coliform and *E. coli* colonies in CCA, Yeast extract agar and EMB media.

Antibiyotik duyarlılık analizleri: Antibiyotik duyarlılık analizleri için Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi kullanıldı (Bauer, vd., 1966). İlk olarak, kanlı veya EMB agar besiyerlerinde tek koloni olarak üretilen *E. coli* izolatları 2 ml serum fizyolojik ile süspansiyon edilerek, 0,5 Mc Farland (1,5 x 10⁸ cfu/mL) standardına göre ayarlandı. 10 µl'lik *E. coli* süspansiyonu, Mueller Hinton agarı (MHA) inkübe edildi. Her bir *E. coli* izolatı için, 30 µg sefazolin (CZ), 10 µg meropenem (MEM), 30 µg seftazidim (CAZ), 5 µg siprofloksasin (CIP), 10 µg ertapenem (ETP), 25 µg trimetoprim-sülfametaksazol (SXT), 30 µg aztreonam (ATM), 110 µg piperasilin (TPZ), 30 µg sefoksitin (FOX), 30 µg seftriakson (CRO), 30 µg sefepim (FEP), 10 µg imipenem (IPM), 10 µg gentamisin (CN), 10 µg ampisilin (AM), 30 µg amoksisilin (AMC) ve 30 µg amikasin (AK) içeren antibiyotik diskleri kullanıldı. Antibiyotik diskler yerleştirildikten sonra 37°C'lik etüvde 18-24 saat inkübasyona bırakıldı. Oluşan zon çapları cetvel yardımı ile ölçülerek, EUCAST rehberine göre değerlendirildi (EUCAST, 2022).

İstatistiksel Analiz: İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Macbook (Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) paket programı ile gerçekleştirildi. Gruplar arasındaki farklılıkların analizi için bağımsız örneklem t testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi kullanıldı. Gruplar arasındaki farklar post hoc analizlerden biri olan Tukey testi ile anlamlı olarak analiz edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmada irdelenen 450 su numunesinin %15,6'sında *E. coli* saptandı. İlçeler bazında yapılan değerlendirmede, Geyve ilçesinden elde edilen 50 adet su numunesinden 36'sında (%72) *E. coli* izolatının ürediği gözlemlendi. Diğer ilçelerden alınan su örnekleri ile karşılaştırıldığında Geyve'den alınan su örneklerinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi sonucunda

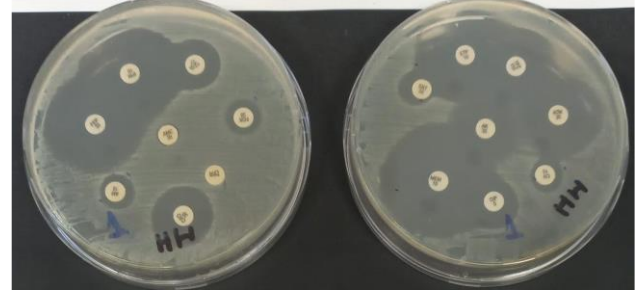
istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek oranda *E. coli* bakteri izolatu saptandı. (p<0.05) (Tablo 1)

Tablo 1. İzole edilen *E. coli* izolatlarının ilçelere göre dağılımı ve direnç oranları.

Table 1. Distribution of isolated *E. coli* isolates by district and resistance rates.

İlçeler	Numune sayısı	<i>E. coli</i>	Dirençli bakteri
	N	n (%)	n (%)
Geyve	50	36 (72)	8 (22,2)
Kocaali	50	9 (18)	0 (0)
Hendek	50	7 (14)	3 (42,6)
Pamukova	50	7 (14)	3 (42,6)
Akyazı	50	6 (12)	0 (0)
Taraklı	50	2 (4)	1 (50)
Sapanca	50	1 (2)	1 (100)
Söğütü	50	1 (2)	1 (100)
Karasu	50	1 (2)	1 (100)
Toplam	450	70	18

Disk difüzyon testi sonucunda 70 adet *E. coli* izolatının %25,71'inin bir veya daha fazla antibiyotiğe dirençli olduğu belirlendi. (Şekil 2) Suşlar arasındaki en yüksek antibiyotik direnç oranının %24,28 ile AMC'ye karşı olduğu, bunu %7,14 ile AM, %4,29 ile FOX, %2,85 ile AK, %1,42 ile CZ, CAZ, CRO, CIP ve GN'nin takip ettiği görüldü. Suşların genel olarak TPZ, FEB, SXT, ETP, IMP, MEM ve ATM'ye karşı %100 duyarlı olduğu saptandı. Direnç dağılımı homojen olmadığı için istatistiksel analiz gerçekleştirilemedi.



Şekil 2. *E. coli* izolatlarının Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemiyle yapılan antibiyotik direnç testlerinin sonuçları.

Figure 2. Results of antibiotic resistance tests of *E. coli* isolates using the Kirby-Bauer disk diffusion method.

Hem su örneklerinde çok sayıda bakteri izolatu saptanması hem de saptanan bakteri izolatlarının %22,2'sinin direnç ifade etmesi nedeniyle Geyve örnekleri dikkat çekici bulundu. Geyve ilçesinden izole edilen 36 bakteri izolatının %22,2'sinde farklı antibiyotiklere karşı direnç görüldü. Dirençli izolatların 7'sinde AMC (%19,4), 3'ünde AM (%8,3) ve 1'inde FOX (%2,8) direnci saptandı.

Pamukova ilçesinde elde edilen su örnekleri için yapılan bakteriyolojik çalışmalarda 50 numunesinin 7'sinde *E. coli* ürediği gözlemlendi. İzole edilen bu suşlardan 3'ünde farklı direnç fenotipleri gözlemlendi. Pamukova ilçesinden gelen su örneklerinden izole edilen 7 bakteri izolatının 3'ü AMC (%42,9), 1'i AM (%14,3) ve 1'i AK (%14,3) direnci gösterdi.

Hendek ilçesinden toplanan su örneklerinden izole edilen izolatların %42,9'unda AMC ve %14,3'ünde

AK direnci saptandı. Kocaali ve Akyazı ilçelerinden elde edilen su örneklerinden izole edilen *E.coli* izolatlarının tümü üç grup antibiyotiğe de duyarlı bulundu.

Antibiyotik duyarlılık sonuçlarına göre, Akyazı ve Kocaali hariç diğer 7 ilçenin tamamında penisilinlere karşı direnç tespit edilirken, bunu sırası ile aminoglikozidler, II. ve III. kuşak sefalosporinler takip etmektedir. Çalışmanın sonucuna göre Sakarya ilçelerinden alınan numunelerde I. ve IV. kuşak sefalosporinlere, sülfonamidlere, karbapenemlere ve monobaktamlara direnç görülmedi.

SONUÇ VE TARTIŞMA

E. coli, ürettiği biyofilm tabakası sayesinde canlı ve cansız yüzeylerde uzun süre canlı kalabilmekte, dezenfektan ve antibiyotiklere karşı direnç geliştirebilmektedir. Ayrıca, antibiyotik direncinin bakteriler arasında yayılmasına katkıda bulunan yatay gen transferini başarıyla yapabilmesi nedeniyle içme ve kullanma sularında büyük bir endişe kaynağıdır.

Su ve gıdalarda fekal koliform grubu bakterilerin (özellikle *E. coli*) saptanması, sulara dışkı kontaminasyonu olabileceğinin göstergesidir. İçme ve kullanma sularında olması gereken *E. coli* değeri "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği"ne göre 0 (sıfır) kob/100 ml olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada, 450 adet numunenin %15,55'i *E. coli* yönünden yönetmeliğe uymamaktadır. Çalışmada *E. coli* üremesi saptanan ve bu yönüyle yönetmeliğe uymayan sular sırasıyla, Geyve (%72), Kocaali (%18), Hendek ve Pamukova (%14), Akyazı (%12), Taraklı (%4), Sapanca, Karasu ve Söğütü (%2) ilçelerinde saptandı. Sapanca, Karasu ve Söğütü'den izole edilen *E. coli* izolatlarının tamamında antibiyotik direnci saptandı. Ayrıca izole edilen suşların %25,71'inin bir ya da daha fazla antibiyotiğe karşı dirençli olduğu belirlendi. Suşlar arasındaki en yüksek direnç oranının %24,28 ile AMC'ye karşı olduğu, bunu %7,14 ile AM, %4,29 ile FOX, %2,85 ile AK'nin takip ettiği görüldü. Suşların tamamı TPZ, FEB, SXT, ETP, İMP, MEM ve ATM'ye karşı duyarlı bulundu. Sadece bir numunede sefazolin, seftriakson, siprofloksasin ve gentamisine karşı direnç tespit edildi.

Toroman Selçuk'un (2011) Van'da yürüttüğü çalışmada toplam 120 adet içme, kaynak ve kuyu suyu analiz edilmiştir. Numunelerde, %30 *Aeromonas spp.*, %16,6 koliform ve %8,3 oranında *E. coli* izole edilmiştir. Bitlis'te 2019 yılında yapılan çalışmada merkez ve ilçelerden temin edilen içme ve kullanma sularından toplanan 164 numunenin %12'sinde koliform, %30'unda Enterokok, %8'inde *E. coli*, %24'ünde sülfid indirgeyen anaerob bakteri saptanmıştır (Alemdar, vd., 2009). Adana'da 2009 yılında yapılan çalışmada, içme ve kullanma sularında total koliform, aerob bakteri ve fekal

koliform mikroorganizmalar ve antibiyotik direnç durumları araştırılmış ve sulara *E. coli*'ye rastlanmadığı bildirilmiştir (Ozaslan, 2009). Çalışmamızda önceki çalışmalardan farklı olarak %15,55'inde *E. coli* üremesi saptanmıştır. Bu durumun içme ve kullanma sularındaki klorlama oranları ve mevsimsel değişkenlere bağlı olabileceği düşünülmüştür.

Aktürk vd.'nin (2010) yaptıkları çalışmada Adana-Tufanbeyli yol hattı üzerindeki 15 farklı çeşmeden izole edilen 269 adet Gram negatif bakterinin %25,6'sı *E. coli* olarak tanımlanmıştır. En yüksek antibiyotik direnç oranı %68,6 ile sefalotine, %52,1 ile AM'ye karşı, en düşük direnç ise AK, GN ve tobramisine karşı belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde penisilin ve sefalosporinlere karşı direnç tespit edilirken, aminoglikozidlere daha düşük direnç görülmüştür. Antibiyotik direncine katkıda bulunan R plazmidleri için en önemli rezervuar insan ve hayvanlar olduğundan, bağırsak mikrobiyotası ile kontamine atıklar nedeniyle R plazmidleri gibi plazmitler içme ve kullanma sularına geçebilmektedir. Ayrıca, bakterilerin antibiyotik direnç profilleri mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. En yüksek direnç oranlarının yaz ve bahar mevsimlerinde görüldüğü bilinmektedir (Schachner-Gröhs vd., 2023).

Gümüşhane'de 2019 yılında yapılan çalışmada içme kullanma sularından izole edilen 50 adet *E. coli* suşunun %16'sının FOX'a, %2'sinin CAZ, TPZ, SAM, CXM ve FEP'e dirençli olduğu bulunmuştur. SXT, GN, AK, ETP ve AM karşı herhangi bir dirence rastlanmamıştır (Kayserili vd., 2019). Giresun'da 2020 yılında yapılan bir çalışmada dere suyundan izole edilen *E. coli* suşlarının direnç oranları, AM için %59, kloramfenikol (KL) için %38,1, CZ için %36, CXM için %35,9 ve sefotaksim (CTX) için %28,4 olarak belirlenmiştir. 7 suşun kullanılan tüm antibiyotiklere karşı duyarlı, 3 suşun ise kullanılan tüm antibiyotiklere karşı direnç gösterdiği bildirilmiştir (Akkan & Topkaraoğlu, 2020). Çalışmamızda, izolatların %7,14'ünde AM, %4,29'unda FOX, %1,42'sinde CZ, CAZ, CRO ve %2,85'inde AK'ye direnç tespit edildi. Sefalosporin direnci, literatürdeki çalışmalara kıyasla daha düşük bulundu. Penisilin direncinin, Gümüşhane'de yürütülen çalışmaya göre yüksek, Giresun'da yürütülen çalışmaya göre düşük olduğu görüldü. (Tablo 2)

Tablo 2. Türkiye'de yapılan benzer çalışmalarda saptanan *E. coli* izolatlarının antibiyotik direnç oranları.

Table 2. Antibiotic resistance rates of *E. coli* isolates detected in similar studies conducted in Turkey.

Kaynak	<i>E. coli</i> üremesi	Direnç oranları
Aktürk vd., 2010	69	%68,6 CEF, %52,1 AM
Gümüş, 2011	36	%2,77 CEF, %2,77 CRO, %13,88 AM, %2,77 TPZ
Orhan vd., 2019	50	%16 FOX, %2 CAZ, TPZ, SAM, CXM ve FEP
Akkan & Topkaraoğlu, 2020	33	%59 AM, %38,1 KL, %36 CZ, %35,9 CXM ve %28,4 CTX

CEF: Sefalotin, KL: Kloramfenikol, CEF: Cephalothin, CL: Chloramphenicol

Mozambik'te yapılan bir çalışmada içme suyunun mikrobiyolojik kalitesi, 5 örnekleme alanından 91 su numunesi toplanarak ve analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, her tür su örneğinde dışkı kontaminasyonu göstermiştir. Giriş suyu örneklerinin %100'ünde, arıtılmış su örneklerinin %21'inde ve musluk suyu örneklerinin %22'sinde *E. coli* bulunmuştur. Giriş suyunun %63'ünde, arıtılmış suyun %16'sında ve musluk suyu örneklerinin %9'unda CTX dirençli *E. coli* tespit edilmiş, bu izolatlarda AM, STR, TET ve KL'ye karşı da direnç bildirilmiştir (Taviani et al., 2022). Gana'da yapılan bir çalışmada ise, şişelenmiş su, musluk suyu, sondaj kuyusu ve kuyu suyunu içerek 524 su numunesi *E. coli* yönünden mikrobiyolojik olarak analiz edilmiştir. Musluk ve yeraltı suyu örneklerinden 115 *E. coli* suşu izole edilmiştir. Suşların %88,7'sinde CXM, %62,6'sında SXT ve %52,2'sinde AMC'ye karşı dirençli bulunmuştur. *E. coli* izolatlarının %58'inde ÇİD saptanmıştır (Ahmed et al., 2022). Yapılan literatür tarama sonuçları da çalışmamızı desteklemekte olup, benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre en fazla *E. coli* üremesi, tarım ve hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ilçelerdeki içme kullanma sularında tespit edilmiştir. Bu bölgelerde tavuk çiftliklerinin ve ahırların bulunması, tarlalarda hayvan gübrelerinin kullanılması, zirai atıkların yağmur sularıyla temiz su kaynaklarına karışması, içme suyu olarak kullanılacak olan kuyuların kümes ve ahırlara yakın bölgelerde olması gibi faktörlerin kirliliği tetiklediği düşünülmektedir.

Ayrıca içme ve kullanma sularında tespit edilen *E. coli* izolatlarının antibiyotiklere duyarlı olması beklenirken, çalışmamız sonucunda penisilin ve sefalosporin grubu antibiyotiklere direnç tespit edilmiştir. Bu durum, insanlar tarafından bilinçsizce kullanılan, hayvan yemlerine eklenen ve hayvanların tedavisinde yanlış ve aşırı kullanılan antibiyotiklerin bir sonucu olarak görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında, içme ve kullanma sularının kontaminasyon kaynakları ve yanlış kullanılan antibiyotiklerin sonuçları hakkında halkın bilinçlendirilmesi ve farkındalığın artırılması gerekmektedir.

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte suya olan ihtiyaç da hızla artmaktadır. Bu nedenle, suyun temizliği ve yeniden kullanılabilirliğinin sağlanması bir zorunluluk haline gelmiştir. İçme ve kullanma suyu *E. coli* üremesinin saptanması, suyun dezenfeksiyonunda eksiklikler bulunduğunu ve fekal kontaminasyonun varlığını göstermektedir. *E. coli*'nin bu sulara bulunması, gastrointestinal ve üriner sistem enfeksiyonları gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu durumdan özellikle bağışıklık sistemi zayıf bireyler, çocuklar ve yaşlılar daha fazla etkilenebilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, güvenli ve hijyenik suya erişimin önemini ve bilinçsiz antibiyotik kullanımının risklerini açıkça ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, suların kontaminasyonu konusunda en etkili çözümün, içme ve kullanma sularının depolandığı

ve dağıtıldığı sistemlerin düzenli olarak kontrol edilmesi ve gerekli sanitasyon önlemlerinin alınması olduğu kanısına varılmıştır. Su arıtma tesislerindeki mevcut dezenfeksiyon yöntemlerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, su arıtma süreçlerinin, antibiyotiğe dirençli bakterileri de hedef alacak şekilde iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. İleri oksidasyon süreçleri, membran filtrasyon teknikleri ve ozonlama gibi yöntemler, dirençli bakterilerin etkili bir şekilde yok edilmesinde kullanılabilir. Kontaminasyon riski bulunan bölgelerde ise evlerde suyun kaynatılması ve filtre kullanımı gibi basit önlemler teşvik edilmelidir. Antibiyotik direncinin önlenmesi ise, halkın bilinçlendirilmesine ek olarak, sağlık, hayvancılık ve tarım sektörlerinin birlikte hareket ettiği "Tek Sağlık Yaklaşımı" ile mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, H., Zolfo, M., Williams, A., Ashubwe-Jalemba, J., Tweya, H., Adeapena, W., Labi, A.K., Adomako, L.A.B., Addico, N.D., Banu, A., Akrong, O., Quarcoo, G., Borbor, S. & Osei-Atweneboana, M. (2022). Antibiotic-Resistant Bacteria in Drinking Water from the Greater Accra Region, Ghana: A Cross-Sectional Study, December 2021-March 2022. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19). DOI: 10.3390/ijerph191912300
- Akkan, T. & Topkaraoğlu, T. (2020). Tatlısu kaynaklarımızdaki *Escherichia coli* izolatlarının antibiyotik direnç düzeylerinin belirlenmesi: Batlama Deresi örneği, Giresun. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, *4*(3), 539-544.
- Aktürk, S., Matyar, F. & Dinçer, S. (2010). Adana-Tufanbeyli yol hattındaki çeşme sularından izole edilen gram negatif bakterilerin antibiyotik dirençlerinin incelenmesi. *40*, 54-59.
- Alemdar, S., Kahraman, T., Agaoglu, S. & Alisarli, M. (2009). Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, *19*(73), 29-38.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C. & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, *45*(4), 493-496.
- Bazzi, A.M., Rabaan, A.A., Fawarah, M.M. & Al-Tawfiq, J.A. (2017). Direct identification and susceptibility testing of positive blood cultures using high speed cold centrifugation and Vitek II system. *Journal of Infection and Public Health*, *10*(3), 299-307.
- Caskurlu, H., Culpan, M., Erol, B., Turan, T., Vahaboglu, H. & Caskurlu, T. (2020). Changes in antimicrobial resistance of urinary tract infections in adult patients over a 5-year period. *Urologia Internationalis*, *104*(3-4), 287-292.
- Çelebi, H., (2018). Karasu kanal sularının belirli mikroorganizma türlerinin araştırılması. *Journal*

- of *Engineering Sciences and Design*, **6**(2), 182-189.
- Delair, Z. (2021).** Genotyping, phenotyping and phylogenetic classification of environmental *Escherichia coli* isolates. Dissertation. University of Johannesburg.
- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. (2022).** Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 12.0. Växjö, Sweden.
- Frieri, M., Kumar, K. & Boutin, A. (2017).** Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health*, **10**(4), 369-378.
- Gümüş, D. (2011).** *Kullanma ve içme sularında EHEC, EPEC ve ETEC suşlarının varlığının ve antibiyotiklere duyarlılıklarının araştırılması.* İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye, 120s.
- Hutchings, M. I., Truman, A. W. & Wilkinson, B. (2019).** Antibiotics: past, present and future. *Current Opinion in Microbiology*, **51**, 72-80.
- Kayserili Orhan, .F., Altoparlak, U. & Odacı, L. (2019).** An investigation of antibiotic resistance and extended spectrum beta-lactamase presence in *E. coli* strains isolated from drinking water collected from Gümüşhane Province. *Anke Dergisi*, **33**(1), 12-17.
- Lucky, M.T. (2007).** The bacterial pathogenicity of source waters based on enterovirulent *E. coli* as model pathogens, (May). University Of Johannesburg, Faculty Of Science, Barnard TG, P. Jagals (Prof.)
- Nasrollahian, S., Graham, J.P. & Halaji, M. (2024).** A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of *E. coli*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **14**(April), 1-28.
- Ozaslan, A. (2009).** *Adana içme suyunda fekal koliform düzeyinin belirlenmesi ve antibiyotik dirençlilik frekansı.* Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı. Adana, Türkiye, 75s.
- Pitout, J.D.D. (2012).** Extraintestinal pathogenic *Escherichia coli*: A combination of virulence with antibiotic resistance. *Frontiers in Microbiology*, **3**, 1-7.
- Ram, S., Vajpayee, P., Tripathi, U., Singh, R.L., Seth, P.K. & Shanker, R. (2008).** Determination of antimicrobial resistance and virulence gene signatures in surface water isolates of *Escherichia coli*. *Journal of Applied Microbiology*, **105**(6), 1899-1908.
- Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., de-Roubin, M. R. & Laurent, P. (2002).** Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *Journal of microbiological methods*, **49**(1), 31-54.
- Schachner-Gröhs, I., Strohhammer, T., Frick, C., Campostrini, L., Linke, R.B., Zarfel, G., Farnleitner, A.H. & Kirschner, A.K.T. (2023).** Low antimicrobial resistance in *Escherichia coli* isolates from two large Austrian alpine karstic spring catchments. *Sci Total Environ*, **894**, 164949.
- Taviani, E., van den Berg, H., Nhassengo, F., Nguluve, E., Paulo, J., Pedro, O. & Ferrero, G. (2022).** Occurrence of waterborne pathogens and antibiotic resistance in water supply systems in a small town in Mozambique. *BMC Microbiology*, **22**(1), 1-11.
- Toroman Selçuk, Z. (2011).** *Van ve yöresi içme sularında Aeromonas spp., koliform, Escherichia coli varlığının araştırılması ve izole edilen Aeromonas türlerinin antimikrobiyel maddelere dirençliliklerinin belirlenmesi.* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı. Van, Türkiye, 100s.
- Tuna, A., Arslan, F., Akkuş, İ., Böke, E., Şahin, Ö., Kaçmaz, B., & Gül, S. (2024).** İdrar kültürlerinden izole edilen *Escherichia coli* suşlarının klinikte sıkça kullanılan antibiyotiklere karşı direnç oranlarının araştırılması. *The Journal of Kırıkkale University Faculty of Medicine*, **26**(1), 1-4.