

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MUŞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ FİZİKSEL,
KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve YILMAZ

GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Bahri PATİR**

BİNGÖL-2023

**MUŞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ FİZİKSEL,
KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ**

Prof. Dr. Bahri PATIR danışmanlığında, Merve YILMAZ tarafından hazırlanan bu çalışma 15/09/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Güvenliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Bahri PATIR

İmza :

Üye : Prof. Dr. Cemil AYDOĞAN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Şahan GÜRAN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/
nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmaları süresince yardımlarını ve bilgi birikimini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli desteği veren değerli hocam Prof. Dr. Bahri PATİR'a teşekkür ederim.

Bende büyük emekleri olan, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve dualarını esirgemeyen anneme, babama ve canım kardeşlerime tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin hazırlanma aşamasında bana verdikleri destekten dolayı Muş Gençlik ve Spor İl Müdürlüğünde Yurt Hizmetleri Müdürü olarak görev yapan Mustafa Yiğit'e ve arkadaşlarım Ronay, Serap ve Zeynep'e çok teşekkür ederim.

Merve YILMAZ

Bingöl 2023

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Tanımlar.....	5
2.2. Tabiatda Su Kaynakları.....	6
2.3. Türkiye'nin Su Potansiyeli.....	8
2.4. Suların Kirlenme Nedenleri.....	8
2.5. Suyun fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri.....	9
2.5.1. Suyun Fiziksel Özellikleri.....	9
2.5.1.1. Suyun Bulanıklığı.....	9
2.5.1.2. Suyun Rengi.....	10
2.5.1.3. Suyun Kokusu.....	10
2.5.1.4. Suyun Lezzeti.....	10
2.5.1.5. Suyun Sıcaklığı.....	11
2.5.1.6. Geçirgenlik.....	11
2.5.1.7. pH Derecesi.....	11
2.5.2. Suyun Kimyasal Özellikleri.....	11
2.5.2.1. Organik Maddeler.....	12
2.5.2.2. Amonyak.....	12
2.5.2.3. Nitritler.....	12
2.5.2.4. Nitratlar.....	13
2.5.2.5. Klorürler.....	13
2.5.2.6. Erimiş Gazlar.....	13

2.5.2.7. Sertlik Derecesi.....	14
2.5.2.8. İnorganik Maddeler	14
2.5.2.9. Toksik Maddeler.....	14
2.5.2.9.1. Ağır Metaller ve İz Elementler	14
2.5.2.9.2. Pestisitler.....	15
2.5.2.9.3. Radyoaktif Metaller.....	15
2.5.3. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri.....	15
2.5.3.1. Suyun Doğal Mikrofilorası.....	16
2.5.3.2. Su İle Bulaşan Önemli Patojenler.....	14
2.6. Sularla İlişkili Hastalıklar.....	16
2.6.1. Sulardan Kaynaklanan Hastalıklar.....	16
2.6.2. Su Yokluğundan Kaynaklanan Hastalıklar.....	16
2.6.3. Suda Yaşayan Canlılarla Bulaşan Hastalıklar.....	17
2.6.4. Sularla Bağlantılı Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar.....	17
2.7. İçme ve Kullanma Sularının Kalitesi.....	17
3. MATERİYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.1.1. Su Önekleri.....	24
3.2. Yöntem.....	24
3.2.1. Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	24
3.2.1.1. Suyun Sıcaklığının Saptanması.....	24
3.2.1.2. Koku ve Tadın Saptanması.....	25
3.2.1.3. pH Değerinin Saptanması.....	25
3.2.1.4. Toplam Organik Madde Analizi.....	25
3.2.1.5. Nitrit Tayini.....	25
3.2.1.6. Nitrat Tayini.....	26
3.2.1.7. Amonyak Tayini.....	26
3.2.1.8. EDTA İle Sertlik Tayini.....	26
3.2.2. Mikrobiyolojik Analizler.....	27
3.2.2.1. Örneklerin Deneyler İçin Hazırlanması.....	27
3.2.2.2. Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayımı.....	28
3.2.2.3. Koliform Grubu Bakteri Sayımı.....	28
3.2.2.4. Fekal Koliformların Saptanması.....	29

3.2.2.5. <i>E.coli</i> 'nin Tespiti.....	29
3.2.3. İstatiksel Analizler	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	31
4.1. Bulgular.....	31
4.1.1. Suyun Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	31
4.1.1.1. Suyun Sıcaklığı	31
4.1.1.2. Koku ve Tat.....	31
4.1.1.3. pH Değeri.....	32
4.1.1.4. Toplam Organik Madde Miktarı.....	32
4.1.1.5. Nitrit Tayini.....	33
4.1.1.6. Nitrat Tayini.....	33
4.1.1.7. Amonyak Tayini.....	33
4.1.1.8. Toplam Sertlik	33
4.1.2. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri.....	34
4.1.2.1. Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı.....	34
4.1.2.2. Koliform Grubu Bakteri Sayısı.....	38
4.1.2.3. Fekal Koliform ve <i>E.coli</i> Tespiti.....	39
4.2. Tartışma	39
4.2.1. Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları.....	40
4.2.1.1. Suyun Sıcaklığı	40
4.2.1.2. Koku ve Tat.....	40
4.2.1.3. pH	40
4.2.1.4. Toplam Organik Madde	41
4.2.1.5. Nitrit	41
4.2.1.6. Nitrat	42
4.2.1.7. Amonyak	43
4.2.1.8. Toplam Sertlik	43
4.2.2. Mikrobiyolojik Analizler	44
4.2.2.1. Toplam Mezofilik Aerob Bakteri	44
4.2.2.2. Koliform	46
4.2.2.3. Fekal Koliform	47
4.2.2.4. <i>E.coli</i>	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	49

KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	58



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TSE	: Türk Standardları Endüstrisi
<i>E.coli</i>	: Escherichia coli
lt	: Litre
mL	: Mililitre
mg	: Miligram
°FS	: Fransız Sertlik derecesi
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit veya tuzları
NO ₃	: Nitrat
NO ₂	: Nitrit
H ₂ SO ₄	: Sülfirik asit
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
KMnO ₄	: Potasyum permanganat
NaS	: Sodyum sülfür
N	: Normalite
K	: Potasyum
Na ₂ S	: Sodyum sülfür
kob	: Koloni oluşturan birim
EMS	: En Muhtemel Sayı
HCl	: Hidroklorik asit
NH ₄ OH	: Amonyum hidroksit
NH ₄ Cl	: Amonyum klorür

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Su örneklerinin alındığı yer ve kaynağı.....	24
Tablo 3.2. En Muhtemel Sayı (EMS) Tablosu	29
Tablo 4.1. İncelenen su örneklerinden elde edilen pH değerleri	32
Tablo 4.2. İncelenen su örneklerinden elde edilen toplam organik madde miktarları (mg oksijen/lt)	33
Tablo 4.3. İncelenen su örneklerinin toplam sertlik değerleri (°FS)	34
Tablo 4.4. Su örneklerinin toplam mezofilik aerob bakteri sayısı bakımından karşılaştırılması (Log ₁₀ kob/mL)	35
Tablo 4.5. İncelenen şebeke ve kaynak sularının 22°C ve 37°C inkübasyonlarda elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayıları (Log ₁₀ kob/mL)	36
Tablo 4.6. İnkübasyon sonu (22°C' de) elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı	37
Tablo 4.7. İnkübasyon sonu (37°C' de) elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı	38
Tablo 4.8. Koliform bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı	39

MUŞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ

ÖZET

Bu çalışmada; Muş ili merkez sularının fiziksel, duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden analizleri yapılarak kalitesinin belirlenmesi amaçlandı. Bunun için, mesken (şebeke), halk çeşmeleri (şebeke, kaynak) ve resmi kurumlardan (şebeke, kaynak) alınan 52 adet su örneği incelendi. Alınan örneklerin fiziksel, duyuşal ve kimyasal olarak; sıcaklık, koku, tat, pH, organik madde, nitrat ve nitrit tespiti ile amonyak ve sertlik derecesi analizleri yapıldı. Mikrobiyolojik olarak örneklerde; toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB), koliform, fekal koliform sayısı ile *E.coli* ‘nin varlığı tespit edildi.

Yapılan analizlerde, tüm örneklerin renk, koku ve tat bakımından normal olduğu tespit edildi. Örneklerde pH’ nın 6,13-7,58 arasında değişim gösterdiği ve ortalama olarak $6,95 \pm 0,279$ değerinde olduğu bulundu. Ortalama sıcaklık değeri $15,21 \pm 2,880^{\circ}\text{C}$ olarak bulundu. Elde edilen pH değerleri göz önüne alındığında, 47 adet örneğin (%90,4) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği’ne uygun olduğu belirlendi. Organik madde miktarı en az 0,45 mg oksijen/lt, en çok 6,00 mg oksijen/lt ve ortalama $1,15 \pm 0,919$ mg oksijen/lt değerinde tespit edildi. Halk çeşmesi, resmi kurum ve meskenlere ait şebeke su örneklerindeki organik madde miktarının, kaynak sularındakinden nispeten daha yüksek olduğu görüldü. Tüm örneklerde nitrit, nitrat ve amonyak varlığına rastlanmadı. Örneklerde Fransız sertlik derecesi (°F) hesabıyla sertlik derecesi en az 2,00 °FS, en çok 36,00 °FS ve ortalama $7,49 \pm 5,277$ °FS değerinde saptandı. Bu veriler değerlendirildiğinde, Muş ili merkez içme ve kullanma suları ile kaynak suları “yumuşak veya tatlı su” sınıfına girmektedir. Şebeke sularının sertlik değerinin, kaynak sularından yüksek olduğu görüldü.

Örneklerde TMAB sayısı 22°C inkübasyonda ortalama olarak $1,58 \pm 0,846 \log_{10}$ kob/mL, 37°C ’de $1,32 \pm 1,002 \log_{10}$ kob/mL değerlerinde saptandı. Örneklerin 22°C ’de %71’ i (n=37), 37°C ’de %69’ u (n=36) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği’ne uygun olmadığı belirlendi. Koliform grubu bakteri sayısı bakımından örneklerin %57,69’u yine ilgili standarda uygun bulunmadı. İncelenen örneklerin hiçbirinde fekal koliform ve *E.coli* tespit edilmedi.

Sonuç olarak, incelenen içme ve kullanma suları ile kaynak sularının kimyasal kalitesinin oldukça iyi olduğu, ancak mikrobiyolojik açıdan arzu edilen düzeyde bulunmadığı ve halk sağlığı açısından yeterli güvenceye sahip olmadığı kanaatine varıldı.

Anahtar Kelimeler: İçme ve kullanma suları, Kaynak suları, Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik, Kalite, Standart.

PHYSICAL, CHEMICAL, AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF DRINKING AND POTABLE WATER IN MUŞ PROVINCE

ABSTRACT

This study aimed to assess the quality of the central waters in Muş province through sensory, physical, chemical, and microbiological evaluations. To achieve this objective, a total of 52 water samples obtained from residential houses, public fountains, and public institutions were subjected to analysis. Physical, sensory, and chemical analysis of the samples, including temperature, odor, taste, pH, organic matter, nitrate, nitrite, ammonia, and hardness were analyzed. A microbiological investigation was conducted to evaluate the presence of total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), coliforms, fecal coliforms, and *E. coli*.

In the analysis, all samples were found to be expected in terms of color, odor, and taste. The pH of the samples varied between 6.13 and 7.58, and the mean value was 6.95 ± 0.279 . The mean temperature value was $15.21 \pm 2.880^{\circ}\text{C}$. Considering the pH values obtained, 47 samples (90.4%) were found to comply with the Regulation on Water Intended for Human Consumption. Organic matter content was found to be at least 0.45 mg oxygen/l, at most 6.00 mg oxygen/l, with an average value of 1.15 ± 0.919 mg oxygen/l. The amount of organic matter in water samples from public fountains, public institutions, and households was relatively higher than in spring water. Nitrite, nitrate, and ammonia were not detected in all samples. The hardness of the samples was found to be at least 2.00 °FS and at most 36.00 °FS, with an average value of 7.49 ± 5.277 °FS according to the French hardness (oF) calculation. Based on these evaluations, drinking, potable, and spring waters in the center of Muş province can be classified as "soft or freshwater." Tap water's hardness was observed to be higher than that of spring water. The mean TMAB count in the samples was 1.58 ± 0.846 log₁₀ cfu/mL at 22 °C incubation and 1.32 ± 1.002 log₁₀ cfu/mL at 37 °C.

According to this study's results, 71% (n = 37) of samples at 22 °C and 69% (n = 36) of samples at 37 °C did not meet the Regulation on Water Intended for Human Consumption requirements. Of the samples tested, 57.69% did not meet the standard for the number of coliform-group bacteria present. None of the samples analyzed showed the presence of fecal coliform or *E. coli*.

The study concluded that the chemical quality of the investigated drinking, potable, and spring waters was acceptable. However, from a microbiological point of view, they did not meet the intended standards or provide sufficient public health services.

Keywords: Drinking and potable water, Spring water, Chemical, Microbiological, Quality, Standard.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artmaktadır. Bunun sonucu olarak içme ve kullanma su ihtiyacı da giderek artmaktadır. Bilindiği gibi, susuz bir hayatın varlığı düşünülemez.

Evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan tabiata verilmesi nedeniyle yeraltı suları büyük ölçüde mikrobiyolojik olarak kirlenmektedir. Ayrıca, katı atık depo sahalarında meydana gelen sızıntı suları yeraltı sularına karışarak kirlenmeye sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak, özellikle yaz aylarında bulaşıcı hastalıkların görülmesine ve ölümlere sebep olmaktadır.

Yine atık suların arıtılmadan su yataklarına verilmesi, katı atıkların gelişigüzel ortama bırakılması ve havada bulunan zararlı mikroorganizmaların rüzgâr, yağışlar ve diğer atmosferik olaylar neticesinde uzak mesafelere taşınarak yüzeysel suların mikrobiyolojik olarak kirlenmesine sebep olur. Yüzey sularındaki aşırı kirlilik sudaki ekolojik dengeyi bozmakta ve bu da canlılar üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır.

Patojen mikroorganizmalar, içme ve kullanma sularında insan sağlığını etkileyen en önemli tehdit edici faktördür (Dunn vd., 2014). Suların mikrobiyolojik kalitesinin saptanmasında, fekal mikroorganizmalardan yararlanılır. Fekal mikroorganizmalardan daha çok *E.coli* bakterisi veya alternatif termotolerant koliformlardan biri seçilir. Dolayısıyla *E.coli* ve fekal koliformlar yaygın olarak sulara fekal kontaminasyonun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu durum, patojenik enterik bakterilerin sulara kesin olarak varlığını ispatlar (Ochoo vd.,2017). Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre *E.coli* içme ve kullanma sularında bulunmamalıdır. *E.coli* 'nin varlığı, suyun dışkı ile bulaştığının kesin kanıtıdır. Enterokok bakterileri insan ve hayvanların sindirim sisteminde kommensal (ortak yaşam) olarak yaşayan fırsatçı patojenlerdir. Bunlar, endokardit, idrar yolu enfeksiyonu ve sepsise neden olan bakterilerdir (Poulsen vd., 2012; Shafi vd., 2017).

Tüm belediye ve köylerde tüketime arz edilen suların yeterince dezenfeksiyona tabi tutulması, temiz içme suyunun sağlanması halk sağlığı açısından önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, bazı ilçe, belde ve köylerde kullanılan sularda etkili dezenfeksiyon işlemleri yapılmadığı için, önemli mikrobiyolojik kirlilik tespit edilmiştir. Dezenfeksiyon işleminin periyodik olarak yapılması ve takibi, mikrobiyolojik kirlenmeyi büyük ölçüde azaltacağı bilinen bir gerçektir.

Dünya nüfusunun hızla artmasına karşılık, içilebilir ve kullanılabilir su kaynaklarının hemen hemen sabit kalması nedeniyle, suya olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünyada kişi başına su tüketiminin yılda ortalama olarak 800 m³ civarında olduğu bildirilmektedir. Sekiz milyara yaklaşan Dünya nüfusu içerisinde yaklaşık 1,4 milyar insan yeterli miktarda içme suyundan yoksundur. Ayrıca, 2,3 milyar kişi ise temiz ve sağlıklı içme ve kullanma suyu bulamamaktadır. Buna ek olarak, yapılan hesaplamalara göre, 2050 yılında su sorunu görülen ülkelerin sayısı 54'e, bu şartlarda yaşamak zorunda kalan insanların sayısı ise 3,76 milyara çıkacaktır. Bu durum, 2050 yılında 9,4 milyar olması beklenen Dünya nüfusunun % 40'ının su sıkıntısı çekeceği anlamını taşımaktadır. Her yıl Dünya'da büyük çoğunluğu çocuk olan 2 milyondan fazla insan, sağlıksız su kullanımı ve kötü hijyenik şartların etkisiyle yakalandıkları barsak enfeksiyonları nedeniyle hayatlarını kaybetmektedir. Ayrıca, yine birçok ülkede görülen kronik flor eksikliği vs. gibi benzeri hastalıklar nedeniyle çok ciddi sağlık problemleri yaşanmaktadır. Hala Dünyada pek çok bölgede Hepatit A ve sıtma gibi hastalıklar ciddi sağlık sorunları olarak önemini korumaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı, içme kullanma sularımızın özellikle hijyenik kalitesini artırarak sağlık şartlarının iyileştirilmesi, kaliteli bir yaşam için elzemdir. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık su miktarının en az 8.000 ile 10.000 m³ arasında olması bildirilmektedir. Ancak, bilindiği gibi Türkiye su zengini bir ülke değildir. Şöyle ki; Türkiye'de kişi başına düşen yıllık su miktarının 1.430 m³ olduğu belirtilmektedir (TİSKİ, 2023). Bu sebeple, kıt olan su kaynaklarımızı tasarruflu kullanmak gelecek açısından büyük önem taşımaktadır.

Hayatın varlığı ve sürdürülmesi için vazgeçilmez olan suyun sağlığa uygun olması önemlidir. Suların analizi ile sağlığa uygunluğunun saptanması, hem içme hem de kullanma suları için gereklidir. Muş ilinde ve yöresinde bu yönlü araştırmaların

yapılmadığı gör÷lmektedir. Bu konuda yapılan araştırmalar ile bölgenin su kalitesi hakkındaki bilgilerin artmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada; Muş il merkezi içme-kullanma suları ile kaynak sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini belirleyerek halk sağlığı açısından değerlendirilmesi ve ilgili standartlara uygunluğu ile elde edilen bilgiler ışığında, insan sağlığını riske edebilecek durumlar için çözüm önerilerinin ortaya konması amaçlandı.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Su yaşam için elzem maddelerin başındadır. Dünyada var olan suların tamamı insanların kullanımı için uygun değildir. Okyanus ve denizlerde bulunan toplam suyun %97,6'sı tuzlu sudur. Kutuplar ve buzullarda ise, %1,9'luk kısmı bağlı olan suyu teşkil eder. Buna göre, toplam su miktarı içerisinde insanların faydalanabileceği oran yalnızca %0,5'tir (Güner, 2021).

İnsan gıdasızlığa yalnız su içerek 60-80 gün dayanabildiği halde, susuzluğa ancak 7 ila 12 gün dayanabilmektedir. İnsan organizmasından 2 lt su kaybı halsizliğe, 3 lt çok belirgin bir bitkinliğe, 4 lt tehlike başlangıcına ve vücuttaki suyun %15 - 20'sinin kaybı (8-10 lt) ölüme yol açar. Günlük su ihtiyacı, günlük kalori ihtiyacı olan 2500 - 3000 kaloriye karşılık ve her kaloriye 1 mL hesabıyla 2.3-3 lt olarak kabul edilmektedir. Ortalama günlük su ihtiyacının 1250 mL'si su, sulu içecekler ve çorbalardan; 500-900 mL'si katı gıdalar, sebze ve meyvelerden; 400 mL'si ise enerji veren besinlerden yani metabolizma esnasında meydana gelen sudan sağlanır (Demirer, 1995).

Havada buhar halinde olan su tabii olarak, hem kimyasal hem de mikrobiyel olarak temizdir. Ancak, yeryüzüne düşerken geçtiği hava tabakalarının gazlarını, tozlarını ve mikroplarını alarak daha su toprağa gelmeden önce az ya da çok kirlenir. Böylece kimyasal bileşimi bakımından saf su olmaktan çıkar (Demirer, 1995).

Esas bulaşma, yağmur sularının toprakla ilk temasa geldiği anda başlar. Bulaşma o bölgedeki toprağın vasfına göre değişik şekilde ve oranda olur. Mikroorganizmalarla bulaşan suda aynı zamanda organik ve inorganik maddelerde yoğunlaşır. Yer üstüne akan ve toprağın derinliklerine doğru inen suların ilk temasa geçtikleri tabaka humus tabakası olup, su burada insan, hayvan ve bitkilerin organik maddeleri ile bulaşır. Bu tabaka insan, hayvanların pislikleri, cesetleri, artıkları ve birçok mikropları içerir. Su epidemileri yapan birçok mikroorganizma suya buradan geçer. Şu halde su için zararlı mikroorganizmaların kaynağını insan ve hayvanlar teşkil eder. Bu nedenle, insanların ve hayvanların yoğun olduğu bölgelerde sular çok daha fazla çeşitli şekillerde kirlenmeyle karşı karşıya kalır.

Hiç insan ve hayvan bulunmayan bölgelerde sular daha temizdir. Endüstri merkezlerindeki fabrikaların artıkları da suyu önemli derecede kirletirler (Demirer, 1995; Akman vd., 2000).

Hijyenik su demek; suyun sağlığa uygun olması anlamına gelmektedir. Su hijyeni, yalnız içme suyu için değil aynı zamanda kullanılacak su (yemek yapma, temizlik ve benzeri) için de gereklidir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, günlük kişi başına tüketilen su miktarı ile doğru orantılıdır. Bu miktarın geri kalmış ülkelerde ve afet durumlarında kişi başına en az 20 lt/gün olması istenir (Velicangil, 1980). İçme ve çeşitli gereksinimler için kullanılan suyun hepsi "Alimentasyon Suyu" olarak adlandırılır Su insan sağlık açısından en önemli madde olduğu için, yapılan su analizlerinde, suyun hijyenik durumu ve içerdiği mineraller açısından sağlığa uygun olup olmadığı kontrol edilir. Doğadaki sulara yabancı maddeler, erimiş tuzlar, gazlar, kimyasal bileşikler ile hastalık yapan ya da yapmayan organizmalar, toprak kil vs. bulunur. Bunların bir kısmı mikroskop ve bakteriyolojik analizler ile, bir kısmı kimyasal deneylerle, bir kısmı ise organoleptik (duyusal) olarak teşhis edilebilir (Dedeakayoğulları ve Önal, 2009).

Hem içme sularının, hem de kullanma sularının analiz edilmesi ile sağlığa uygunluğu saptanır. Sağlığa uygun olan su; renksiz, kokusuz, tadı hoş, berrak, nötr ya da hafif alkali olmalıdır. Bünyesindeki organik madde, amonyak, nitrit, nitrat gibi madde miktarları ilgili standartlardaki değerler ile örtüşmelidir. Ancak; kurşun, civa, arsenik, kadmiyum, krom, nikel ve siyanür gibi ağır metalleri, deterjan kalıntılarını, pestisidleri ve polisiklik aromatik hidrokarbonları içeremez. Suda bulunan kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, demir, iyot, çinko, bakır, krom, selenyum ve magnezyum gibi insan vücuduna gerekli olan mineralleri ise uygun miktarlarda içermelidir. Suyun yapılan bakteriyolojik analizinde mevzuata göre koliform ve *E.coli* bakterilerinin bulunmaması gerekmektedir (Dedeakayoğulları ve Önal, 2009; Resmi Gazete, 2013).

2.1. Tanımlar

Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından çıkartılan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kaynak suları, içme suları ve içme-kullanma suları ile ilgili tanımlamaları şu şekilde yapmaktadır (Resmi Gazete, 2013).

İnsani Tüketim Amaçlı Su: “Orijinal haliyle ya da işlendikten sonra, dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai halinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insani tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanması veya pazarlanmasında kullanılan bütün suları”,

Kaynak Suyu: “Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yer yüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve her hangi bir işleme tabi tutulmaksızın Ek-1’ deki nitelikleri taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını”,

İçme Suyu: “Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve Bakanlıkça uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulanabilen ve parametre değerlerinin eksilmesi veya artırılması suretiyle elde edilen, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını”

İçme-Kullanma Suyu: “Genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orijinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen suları” tanımlamaktadır.

2.2. Tabiatta Su Kaynakları

Su ile sağlık arasında çok sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle herhangi bir suyun hijyenik olup olmadığı söyleyebilmek için, öncelikle o suyun elde edildiği kaynağın özelliklerini de bilmek gerekir. Ancak bundan sonra suyun nitelikleri değerlendirilebilir. Deniz, göl ve nehir gibi benzeri yerlerde bulunan sular tabiatta daima bir devir halindedir.

Güneşin 'in etkisiyle bu sular belli oranlarda buharlaşmak suretiyle havaya karışır. Daha sonra atmosferdeki soğuk tabakalara ulaştığında yere yağmur, kar, dolu şeklinde düşer. Buna hidrolojik devir denir. Toprak yüzeyine düşen bu su damlacıkları:

- Tekrar buharlaşmak suretiyle atmosfere döner,
- Bitkilerin beslenmesini sağlar,
- Arta kalan büyük bir bölümü ise, bölgenin jeolojik durumuna göre yer üstü ya da yer altı sularıdır (Erol,2014; MEB,2016).

Su kaynakları 3 başlık altında toplanabilir.

I. Meteor suları

Bu sular, doğada bulunan tüm sular içerisinde en temizleridir. Ancak, bu sular havadan oksijen, azot, havaya karışmış olan karbondioksit, azot oksit gibi kimyasal maddeleri bünyelerine alarak kirlenirler. Dolayısıyla bu sular hijyen bakımından elverişsiz olan sulardır (Erol,2013).

II. Yeryüzü suları

- 1.Akan sular: Bu sular, mevsimlere bağlı olarak yağmur, kar ve yer altı suları ile beslenirler
- 2.Durgun sular
 - a. Durgun sular: Doğada deniz, göl, bataklık suları gibi sulardır
 - b. İnsanlar vasıtasıyla oluşturulan durgun sular (havuz, baraj, depo suları gibi)

III. Yeraltı suları

- a. Kuyu ve artezyen suları.
 - b. Kaynak suları: Kendiliğinden yeryüzüne çıkan sulardır. Bunlarda sıcak ve soğuk kaynak suları olmak üzere 2'ye ayrılır.
- I) Soğuk nitelikteki kaynak suları
- İçme suları
 - Tıbbi olan sular: Maden suları
- II) Sıcak olan kaynak suları

- 34°C'den az sıcak olan ılık sular: (Hypothermal sular)
- 34-37°C'ler arasında (vücut sıcaklığında) olan sular: (Homiothermal sular)
- 40°C'den yüksek sıcaklıkta olan sular: (Hyperthermal sular) (Güler ve Çobanoğlu,1994; MEB, 2010)

2.3. Türkiye'nin Su Potansiyeli

Ülkemizde yerüstü suyu potansiyelimizin, günümüz teknik ve ekonomik şartlar göz önüne alındığında tüketilebilecek yılda ortalama toplam 94 milyar m³ olduğu ilgili birimler tarafından belirtilmektedir. Yeraltı suyu potansiyelimizin de 18 milyar m³ olduğu ve belirlenen bu miktar ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyelinin toplam 112 milyar m³ olduğu ortaya çıkar. Ancak bu miktarın 57 milyar m³'ü kullanılmaktadır (DSİ, 2021).

Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarının 2000 yılında 1652 m³, 2009 yılında 1544 m³, 2020 yılında ise 1346 m³ olduğu belirtilmektedir. Türkiye'nin, kişi başına kullanılabilir su miktarı irdelendiğinde, su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yer aldığı görülür. Bu sebeple suyun en uygun şartlarda, tasarruflu bir şekilde kullanılması çok önemlidir. Ancak, ilgili birimler, depolamalı tesislerin yapılması ile su kaynakları potansiyelinin değerlendirilerek çok amaçlı şekilde kullanılmasına yönelik çalışmaları sürdürmektedir. Ayrıca sulamada su kayıplarının önüne geçilerek, suyun daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi de önemlidir. Yine toprağın kalitesini etkileyen drenaj sorunlarının giderilebilmesi maksatlarıyla yenileme projelerinin ön plana çıkarılması ve klasik açık sistem sulama (salma sulama) yerine modern kapalı sulama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması konusu da önemli hedeflerdir (DSİ, 2021).

2.4. Suların Kirlenme Nedenleri

Sularda esas bulaşma, yağmur sularının toprakla ilk temasa geldiği anda başlar. Bulaşma o bölgedeki toprağın vasfına göre değişik şekilde ve oranda olur. Yeryüzünde akarken veya yerin derinliklerde seyrederken insan, hayvan ve bitki kaynaklı organik maddeleri, tarım, endüstri, kanalizasyon ve nükleer kirlilikleri yapısına alır. Suyu kirleten bu maddelerin kaynağı insan ve hayvanlardır. Ya da onların değişik kullanma sahalarından gelen atıklardır. Su epidemileri yapan birçok mikroorganizma suya yine buradan geçer. Hiç

insan ve hayvan bulunmayan bölgelerde sular daha temizdir. Endüstri merkezlerindeki fabrikaların atıkları da suyu önemli derecede kirletirler (Demirer, 1995; Akman ve diğ., 2000).

Dünya Sağlık Örgütü'nce (WHO) yüzeysel sulardaki kirlilik unsurlarını; bakteri, virüs ve diğer hastalık yapıcı canlılar, organik maddelerden kaynaklanan kirlenme, endüstri atıkları, yağlar ve benzeri maddeler, sentetik deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, yapay organik kimyasal maddeler, yapay ve doğal tarımsal gübreler, anorganik tuzlar, inert çözünmeyen madde olarak 11 sınıfa ayırmıştır (Uslu ve Türkman 1987).

2.5. Suyun Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

2.5.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

Katı, sıvı ve gaz hallerinde bulunabilen su, bulunduğu şartlara bağlı olarak niteliği değişebilir. Suyun fiziksel özelliklerinden olan sıcaklığı, rengi, bulanıklığı, lezzeti, kokusu, geçirgenliği ve pH'sı önemli nitelikleridir. Yoğunluğu büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. İçilebilir nitelikteki bir su, fiziksel olarak aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (MEB, 2016).

- a) Bulanık olmamalı,
- b) Renksiz olmalı,
- c) Kokusuz, kendine has bir tat olmalı,
- d) 15°C den daha aşağı sıcaklıkta olmalıdır.

2.5.1.1. Suyun Bulanıklığı

Suyun bulanıklığı, içerdiğinde asılı ve kolloidal halde bulunan organik ve inorganik maddelerden kaynaklanmaktadır. Organik madde miktarı fazla olduğunda, patojen mikroorganizmaların varlığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bulanık sular daima şüpheli sulardır. Su hijyeni açısından içme ve kullanma sularının berrak olması gerekir. Kaynağı belli olmayan suların içilmemesi sağlık açısından çok önemlidir. Özellikle bulanık suların önceden temizleme işlemi uygulanmış olsa bile, içme ve kullanma suyu olarak kullanılmamalıdır. Hatta bulanık suların işletme ve ev işlerinde de kullanılmaması gerekir.

Borularda tortu bırakmaları nedeniyle, endüstride dahi kullanılmamalıdır (MEB, 2016). Bulanıklık tayininde “*turbidimetre*” adı verilen cihaz kullanılır.

2.5.1.2. Suyun Rengi

Sular doğal olarak mavimsiye renkdedir. Ancak, az miktardaki su renksizdir. Demir bileşikleri, kolloidal organik maddeler ve özellikle de bitkisel kaynaklı maddeler süspansiyon olarak suda bulunduklarından renk verirler. İçinde demir tuzları (ferro) bulunan sular sarı renktedir. Havalandırılınca kırmızımsıya çökelti verirler. Granitli kayalardan gelen sular hafif esmerimsidir. Ayrıca yosun ve mikroorganizmaların üremesiyle de su yeşilimsi bir renge boyanır (MEB, 2011).

2.5.1.3. Suyun Kokusu

Suyun anormal kokusu, genellikle mikroorganizmaların fermentasyonu, dışkı ve idrar karışması, organik maddelerin ayrışması, endüstriyel artıkların ve çeşitli artık maddelerin suya karışması sonucu şekillenir. Ayrıca, derin yeraltı sularında sülfatlı maddelerin ayrışmasıyla oluşan kükürtlü hidrojen, su içinde yaşayan algler, protozoonlar ve çeşitli bakterilerin etkisi ile ve bazen de suların nakledilmelerinde kullanılan boru ve kaplarda anormal kokunun oluşması ile şekillenir. Ayrıca kullanılan klor ve iyot gibi dezenfektan maddeler de suya kendilerine özgü kokularını verirler (MEB, 2010).

2.5.1.4. Suyun Lezzeti

Suyun lezzeti, suda erimiş halde bulunan oksijen ve karbondioksit gazları ile içerdiği diğer kimyasal maddelere ve suyun sıcak ya da soğuk olmasına göre değişir. Suyun lezzeti hoş içimli ve doğal olmalıdır. Aksi olarak ekşi, acı, tuzlu, madeni veya kekremsi lezzette olmamalıdır. İçildiği zaman boğazda kuruluk, buruşukluk ve midede de şişkinlik hissi vermemelidir (MEB, 2010).

2.5.1.5. Suyun Sıcaklığı

Suyun kendine özgü lezzeti özellikle sıcaklığına bağlıdır. Bilindiği gibi, içilebilir soğuk sular mide ve bağırsak mukozasını tahriş ettiği gibi, bağırsak hareketlerini yavaşlatmakta ya da durdurmakta ve sancıya neden olmaktadır. Bunun aksine, daha sıcak olan sular ise yavan tat da olup, 20°C'den fazla sıcak sular mide bulantısına neden olabilmektedir. Genel olarak içilebilir suların sıcaklığının 7°C ile 12°C arasında olması istenmektedir (MEB, 2016) .

2.5.1.6. Geçirgenlik

Çözünmüş madensel tuzları içeren suyun elektrik akımı direnci azdır. İyi kalitede olan bir su, elektrik akımına karşı sabit bir direnç gösterir. Suyun elektrik akımına direnci saf olduğunda çok şiddetli olmaktadır (MEB, 2010).

2.5.1.7. pH Derecesi

Suyun pH'sı içerdiği bazı maddelerin tür ve miktarına bağlıdır. Suda kalsiyum bikarbonat ve alkali tuzlar bulunursa alkali, fazla karbondioksit varsa asit bir reaksiyon gösterir. Suyun fazla alkali nitelikte olması kokuşmanın varlığını gösterir. Asitlik karakteri, karbondioksitten başka bazı asitlerden oluşan suların korrosiv (aşındırma) özellikleri bulunmaktadır. Suyun pH'sı nötr veya hafif alkali olmalıdır. Kaynak sularında pH 7,0 - 8,5, içme ve kullanma sularında pH 6,5 - 9,2 sınırları içinde olmalıdır (MEB, 2016).

2.5.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

Sularda çözünmüş olan maddeler, organik ve inorganik olmak üzere 2'ye ayrılır. İnorganik bileşenler erimiş gazlar özellikle CO₂ ve O₂ veya tuz olabilirler. Hijyen açısından alimentasyon suyunun kimyasal analizinde, erimiş gazlar, sertlik, organik maddeler, amonyak, nitrat, nitrit, klorür, deterjan kalıntılarının olup olmadığı ve miktar tayinleri yapılır. Gerekirse, Fe, Pb, Zn, pestisit ve radyoaktif serpintiler araştırılır (MEB, 2011).

2.5.2.1. Organik Maddeler

Organik maddeler oksijen tüketimine yol açarlar. Ev veya endüstri kaynaklı olabilirler. Özellikle şeker, süt, konserve, bira ve çeşitli gıda maddeleri üreten endüstriyel artıklar bu grub içerisinde. Organik maddelerin su ortamlarında bakteriler tarafından parçalanması sırasında ortamdaki oksijen azalır ve anaerobik biyokimyasal reaksiyonlar baş gösterir. Anaerobik ayrışmanın en belirgin göstergesi amonyak, metan ve hidrojen sülfür gibi yarı stabil olan son ürünlerdir. Anaerobik bir ortamda balık ve diğer canlıların yaşaması mümkün olmadığı gibi, oksijensiz sular, içme ve kullanma suyu temini, rekreasyon gibi kullanım amaçlarına da uygun değildir (Şener vd., 1994; Sağlam ve Bellitürk, 2003).

2.5.2.2. Amonyak

Genel olarak temiz olan sularda amonyak bulunmaz. Bazen derin kuyularda ve torflu topraklardan orijinini alan sularda organik parçalanma ürünü olmayan amonyak bulunabilir. Bu nedenle diğer kirlilik deney sonuçlarımda dikkate alarak özel durumlara göre amonyak bulunması değerlendirilmelidir. Ancak, sulara bulaşan organik maddelerin içerdiği azotlu bileşikler zamanla önce amonyağa daha sonra da nitrit ve nitrata dönüşmektedir (Demirer,1995).

2.5.2.3. Nitritler

Nitritler organik maddelerin dekompozisyonu sonucu meydana gelirler. Amonyagin okside olarak inorganik bileşiklere dönüşü esnasında nitritler oluşur. Bazen kirlilik yok iken, nitratların redüksiyonu ile de nitritlerin meydana gelebileceği (özellikle derin sularda) dikkate alınarak, değerlendirmede diğer kirlilik deneylerinin sonuçları da göz önünde tutulmalıdır. Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te sularda bulunan nitrit miktarının "0,50 mg/L değerini aşmaması istenmektedir. Kullanılmış suların arıtma işleminden sonraki nitritin ise 0,1 mg/L değerinde olması gerektiği bildirilmektedir (Demirer,1995; Resmi Gazete, 2013).

2.5.2.4. Nitratlar

Nitratlar, daha önce organik maddelerle kirlenmiş bir suda mevcut ise de organik maddelerin parçalanmasının son safhasında ve suların kendi kendine temizlenmesi (Autoepuration) sonucunda meydana geldiğinden bir kirliliğe işaret sayılmamaktadır. Nitratlar daima sularda bulunabilirler ve yetişkinler için zararsızdırlar. Ancak, 20 mg/L'dan fazla bu maddeyi içeren suların devamlı içilmesi durumunda veya bu sularla hazırlanan mamalarla beslenen 6 aylığa kadar bebeklerde morarma (Cyanosis) ile ortaya çıkan methemoglobinemi' ye neden oldukları saptanmıştır. Altı aylığa kadar olan bebeklerde, mide sıvısının pH'sı henüz 4'ün üstündedir. Bu pH derecesinde midede nitratları nitritlere indirgeyen bakteriler kolayca üreyebilirler ve nitratları redükte ederek nitritlere dönüştürürler. Nitritlerde kana karışarak hemoglobinin okside olmasına engel olurlar. Bunun sonucu olarak methemolobinemi oluşur. Suni gübreli (nitratlı) topraklardan elde edilen su ve sebzeler, özellikle ıspanaklarda nitrat miktarı artar. Sebzeli mamalar, bu gibi topraklardan orijinini alan nitratlardan zengin olacağından aynı şekilde, bebekler için sakıncalıdır. İlgili Yönetmeliğe göre; nitrat miktarı, kaynak, içme ve kullanma sularında en fazla 50 mg/L olacaktır (WHO,1978; Demirer,1995; Resmi Gazete, 2013).

2.5.2.5. Klorürler

Suların hemen hepsinde klorürler bulunup, genellikle NaCl halindedir. Kalsiyum ve magnezyum klorür ancak geçici olarak suda bulunurlar. Potasyum klorür ise maden sularında önemli miktarlarda bulunur. Suda klorür miktarının birden artması, bu suyun genellikle lağım sularıyla kirlenmiş olması ihtimalini artırır. Tuzun fazlalığı, suyun tadı üzerine etki eder (Demirer,1995).

2.5.2.6. Erimiş Gazlar

İçilebilen sularda uygun miktarlarda hava ve karbondioksit bulunur. Bu gazların miktan 1 lt. suda 20-50 mL kadardır. Bunun yarısı CO₂, yarısının ortalama 1/3'ü O₂, 2/3'ü ise azottur. Serbest halde bol CO₂ içeren sular bulundukları ve geçtikleri yerleri bozarlar. Kurşun boruları ve kireçli malzemeyi aşındırırlar. Suyun bu özelliğine "suyun agresivitesi" (kemirme özelliği) adı verilir (Demirer,1995).

2.5.2.7. Sertlik Derecesi

Suların sertlikleri, çeşitli bileşikler halinde içlerinde bulunan erimiş kalsiyum ile magnezyum tuzlarından ileri gelir. Sular bunları geçtikleri topraklardan alırlar. Sular erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumu bikarbonat tuzları halinde $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; sülfat tuzları halinde (CaSO_4 , MgSO_4); klorürler halinde (CaCl_2 , MgCl_2) ve az miktarlarda olmak üzere nitratlar halinde $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ içerirler. Bunlar arasında en fazla sertlik verenler bikarbonatlar ve sülfatlardır. Özellikle kalsiyum ile olan bikarbonat ve sülfat şekilleridir.

Sularda erimiş durumda bulunan kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları, sular kaynatıldığı zaman erimeyen karbonatlar halinde çökerler. Bunların oluşturduğu sertliğe "geçici sertlik" denir. Diğer tuzların oluşturduğu sertlik de "kalıcı sertlik" olarak adlandırılır. Her iki grubun meydana getirdiği sertlik ise "total sertlik" veya "genel sertlik" olarak bilinir. Sertlik derecesi, Fransız, İngiliz ve Alman sertlik derecelerinden birine göre ifade edilir. Ülkemizde Fransız sertlik derecesi (°FS) kullanılmaktadır. Sertlik derecesi yüksek olan sular acı, düşük olanlar ise tatlıdır. Tatlı sulara "yumuşak sular" denir (Demirer,1995).

2.5.2.8. İnorganik Maddeler

İçme ve kullanma sularında, yukarıdaki maddelere ilaveten daha az miktarlarda demir, fluor, mangan, silisyum, çinko ve bakır gibi diğer iz elementler de bulunmaktadır (Demirer,1995).

2.5.2.9. Toksik Maddeler

2.5.2.9.1. Ağır Metaller ve İz Elementler

Suda düşük konsantrasyonlarda olsalar bile, zehir etkisi gösteren gümüş, arsenik, gümüş, kadmiyum, krom, kurşun, mangan, civa, nikel, selenyum, çinko ve berilyum gibi elementler insan sağlığına zarar vererek hastalıklara neden olabilmekte ve hatta ölümlere

yol açabilmektedir. Görüldüğü gibi, bu elementlerin çoğunluğu ağır metal grubuna girmektedir (Sağlam ve Bellitürk, 2003).

2.5.2.9.2. Pestisitler

Sulara tarımsal ve endüstriyel uygulamalar sonucu bulaşan ve organik maddelerden olan pestisitleri (biyositler), çeşitli zararlılara karşı kullanılan tarım ilaçlarının başında sayabiliriz. Suda bulunan pestisitlerle ilgili iki farklı tehlikeden söz etmek mümkündür (Sağlam ve Bellitürk, 2003).

2.5.2.9.3. Radyoaktif Maddeler

Radyasyon, yaşayan organizmalarda hücrelerini ve dolayısıyla tüm organizmayı etkileyerek ölüme sebep olabilir (Sağlam ve Bellitürk, 2003).

2.5.3. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri

2.5.3.1. Suyun Doğal Mikroflorası

Suda bulunan mikroorganizmaları üç grupta incelenebilir;

Suda doğal olarak bulunan mikroorganizmalar: Bu bakterilerin optimum üreme ısıları 25°C veya daha azdır.

Toprakta yaşayanlar: Toprakta suya karışırlar. Bunların da optimum üreme ısıları 25°C'nin altındadır.

İnsan ve hayvanların bağırsaklarında yaşayanlar: *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Clostridium perfringens* ve diğer bağırsak patojenleridir (*Salmonella* ve *Vibrio comma* gibi) (Tekinşen,1976).

2.5.3.2. Su İle Bulaşan Önemli Patojenler

Su ile yayılan salgın hastalıklara “su epidemileri” denir. Su ile yayılan çok sayıda hastalık bulunmaktadır. Tehlikeli su epidemilerine neden olabilen *Salmonella*’lar, *Vibrio*’lar, *Shigella*’lar ile Anthrax, Brucellose, Ruam gibi hastalık amilleri, diğer birçok patojen

bakteriler, virüsler ayrıca çeşitli parazitlere ait yumurtalar vs. sulara bir şekilde karışabilir. Bu patojenlerin sulara karışmaları farklı yollardan olmaktadır. Özellikle de ılıman ve sıcak iklimlerde insan ve hayvan dışkısı ile bulaş olan sularda, çeşitli mikroorganizmalar (örneğin; *Escherichia coli*, *Salmonella*, çeşitli virüsler vs.) bulunur. Aynı şebekeden su kullanan insanların enfekte olmaları sonucunda salgınlar çıkar. Viral hepatit, tifo, kolera bu gruba giren enfeksiyon hastalıklarıdır (Erol, 2007; MEB, 2011; Pehlivan, 2011).

Ayrıca, su yokluğuna bağlı olarak da bazı hastalıklar gelişir ve yayılma gösterir. Şöyle ki, suyu çok az olan yerlerde kişisel hijyenin sürdürülmesi güçleşir. Sonuçta, trahom ve bazı bağırsak hastalıkları (basilli dizanteri) ortaya çıkar (Erol, 2007).

Yine, bazı parazit yumurtaları da, salyangoz gibi suda yaşayan omurgasız canlılarda yerleşir ve gelişir. Burada olgunlaşan larvalar suya dökülür. Bu gibi suların içilmesi ya da kullanılmasıyla çeşitli enfeksiyonlara (Şistosomiyazis gibi) yol açarlar. Yine, viral hepatit ve tifo hastalığının bulaşmasında rol oynayan midyeler de buna örnek olarak gösterilebilir (MEB, 2011; Erol, 2013). Ayrıca sularla bağlantılı olarak sıtma gibi bazı hastalıklar ise vektörlerle bulaşır (Topbaş vd., 1998; Sağlam ve Bellitürk, 2003).

2.6. Sularla İlişkili Hastalıklar

Su ile bağlantılı hastalıklar, bulaşma yollarına göre dört grupta incelenebilir;

2.6.1. Sulardan Kaynaklanan Hastalıklar

İnsan ve hayvan dışkısı ile kontamine olan sularda çok fazla sayıda mikroorganizma bulunur. Aynı şebekenin suyunu kullanan insanların enfekte olmalarıyla salgınlar ortaya çıkar. Viral hepatit, tifo, kolera gibi hastalıklar bu gruba giren enfeksiyon hastalıklarıdır (Erol, 2007; Irmak, 2008).

2.6.2. Su Yokluğundan Kaynaklanan Hastalıklar

Suyu çok kıt olan yörelerde kişisel hijyenin sürdürülmesi güçleşir. Vücudun, yiyecek maddelerinin ve giysilerin yıkanmayışı nedeniyle hastalık yayılma olasılığı artar. Trahom

ve bazı bağırsak hastalıkları (basilli dizanteri) bu gruba girer. Bu hastalıkların önlenabilirliği, kullanılan su miktarının arttırılması ile ilişkilidir (Irmak, 2008).

2.6.3. Suda Yaşayan Canlılarla Bulaşan Hastalıklar

Bazı parazit yumurtaları suda yaşayan omurgasız canlılarda (ör: salyangoz) yerleşir ve gelişir. Olgunlaşan larvalar suya dökülür, suyun içilmesi ya da kullanılması sonucu enfeksiyona yol açarlar. Şistosomiyazis bu grubun tipik örneği olup Güney Doğu Anadolu bölgesinde sulu tarıma geçilmesi ile birlikte Ülkemiz için büyük bir sorun haline geleceği düşünülmektedir. Viral hepatit ve tifo'nun bulaşmasında rol oynayan midyeler bu canlılara örnek gösterilebilir (Erol, 2007; Irmak, 2008).

2.6.4. Sularla Bağlantılı Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar

Sularla ilişkili çok fazla sayıda hastalık bulunmaktadır. Bunların en önemlileri; ishal, tifo ve paratifolar, Yersinya gastroenteriti, Kampilobakter enfeksiyonu, kolera, basilli ve amipli dizanteri, giardiyaz, Gine kurdu hastalığı (Dracunculiasis), viral gastroenteritler, hepatit A ve hepatit E, lejyoner hastalığı, leptospiroz, trahom, onchocerciasis, sıtma, şistosomiazis, Dengue humması, siyanobakteri toksinlerine bağlı zehirlenmeler, anemi, fluorozis (Erol, 2007; Irmak, 2008).

2.7. İçme ve Kullanma Sularının Kalitesi

Konu ile ilgili olarak yapılan literatür taramasında, Ülkemiz sularının (içme ve kullanma suyu, kaynak suları, kuyu ve göl suları) hem duysal, hem de kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan oldukça fazla sayıda araştırmanın mevcut olduğu görülmüştür. Bu konuda Patır vd., (1992)'nin yaptıkları bir çalışmada, Elazığ il merkezinden elde ettikleri 27 adet içme ve kullanma su örneklerinin yaklaşık %4'ünün aerob genel canlı sayısı bakımından, %33'ünün ise koliform grubu bakteri sayısı bakımından ilgili standarda uygun olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar yine, 36 adet kaynak su örneğinin aerob genel canlı sayısı ve koliform sayısı bakımından sırasıyla %36 ve %64 oranında ilgili standarda uygun olmadığını ifade etmişlerdir.

Ağaoğlu vd., (1999) ise, Van ve yöresinde 15 kaynaktan aldıkları 30 adet su örneğinde genel mikroorganizma sayısını $0-9,4 \times 10^4$ kob/mL (ortalama $2,7 \times 10^3 \pm 0,2 \times 10^1$) arasında saptamışlardır. İnceledikleri kaynak sularının % 33,3'ünde koliform grubu bakterilerin varlığını tespit etmişlerdir. Araştırmada kimyasal analizler sonucunda, örneklerde ortalama pH değeri 7,45; toplam sertlik derecesi ($^{\circ}\text{FS}$) 17,66; toplam alkalite 134,67; kalsiyum 58,40 mg/l; magnezyum 6,66 mg/l; klorür 34,10 mg/l; toplam organik madde 1,31 mg/l ve bikarbonat 134,67 mg/l olarak saptanmıştır. Kaynak sularının hiçbirinde amonyak, demir ve karbonat bulunmamasına karşın, %20'sinin nitrit (kalitatif) içerdiği belirlenmiştir.

Anar ve Günşen (2000), Bursa yöresinden aldıkları toplam 100 adet içme ve kullanma suyunun analizi neticesinde, numunelerin %7,81'inin mikrobiyolojik olarak, %14,06'sının kimyasal açıdan, %3,13'ünün de fiziksel yönden Gıda Maddeleri Tüzüğü' ne uygun olmadığı sonucuna varmışlardır.

Aydın ili Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda 2004 yılı içinde, 4410 içme- kullanma suyu analizi yapılmış, %17,0'ı sağlığa aykırı bulunmuştur. Bakteriyolojik incelemelerin 594'ü (%16,6), kimyasal-fiziksel analizlerin 154'ü (%18,7) sağlığa zararlı bulunmuştur. İçme kullanma sularının %64,8'si az kirli (n=385), %1'i orta (n=6), %34,2'si çok kirli (n=203) olarak saptanmıştır. Örneklerin %25,8'inin sertliği (n=39) 50 Fransız sertliğinin; %7,8'inin içerdiği organik madde 3,5 mg/l'nin (n=12), %14,0'ının serbest klor miktarı 0,5mg/l'nin üzerindedir (n=21). Yapılan bu çalışma sonunda, su sebepli salgınların önüne geçmek amacıyla düzenli ve yeterli analizlerin yapılması önemli bulunmuştur (Atasoylu vd., 2006),

Avcı vd., (2006), 2495 adet içme ve kullanma suyunda var olan kontaminasyon düzeylerini incelemişlerdir. Değerlendirme sonucunda, incelenen örneklerin 2153'ü (%87,3) içmeye uygun bulunurken, 342'si (%12,7) içmeye elverişsiz bulunmuştur.

Koçak, (2007), ise Erzurum' da 70 adet su örneğinde pH değerlerinin 6,64-7,78 (ortalama 7,22), bulanıklık değerlerini ise 01-4,21 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (ortalama 1,42 NTU) arasında tespit etmiştir. Araştırmacı, elde edilen ortalama bulanıklık değerlerinin, ilgili Yönetmelikte bildirilen değerlerin üzerinde olduğunu belirtmiştir.

Alişarlı vd., (2007), Van bölgesinde inceledikleri 366 adet su örneğinin bazılarında doğrulama testleri sonucunda *E.coli* bakterisini saptamışlardır. Araştırmacılar, sonuçta, musluk ve depo sularının hijyenik kalitesinin, Van merkezinden alınan örneklerin ilçelere göre daha iyi olduğunu, ancak kuyu ve dere sularında buna benzer sonuçlar elde edilmediğini belirtmişlerdir.

Ağaoğlu vd., (2007), Van bölgesinin Erciş, Özalp, Saray, Muradiye, Çaldıran, Gürpınar, Gevaş ve Edremit ilçelerinden aldıkları 366 adet su örneğinde nitrat düzeyleri sırasıyla; $35,927 \pm 5,706$ ppm ve $24,752 \pm 9,262$ ppm (kuyu suyu), $5,158 \pm 0,931$ ppm ve $4,990 \pm 0,665$ ppm (dere suyu), $19,065 \pm 3,770$ ppm ve $14,610 \pm 2,523$ ppm (kaynak/çeşme suyu), $9,609 \pm 3,021$ ppm ve $14,114 \pm 2,503$ ppm (musluk suyu), $6,325 \pm 2,850$ ppm ve $7,390 \pm 1,582$ ppm (depo suyu) olarak tespit edilmiştir.

Alemdar vd., (2009), Bitlis merkez ve ilçelerindeki toplam 164 su örneği fiziko-kimyasal veriler açısından ilgili standart da bildirilen değerlere uygun bulunmuştur. Ancak, %30'u enterokok, %12'si koliform, %24'ü sülfid indirgeyen anaerob'lar ve %8'i *E. coli* yönünden uygun bulunmamıştır.

Ekici vd., (2010), Van ve yöresindeki değişik kaynaklardan toplanan içme suyu örneklerinde % 17,5 koliform ve %10 *E. coli* tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, analizler neticesinde incelenen içme suyu örneklerinde *E.coli*'nin bulunmasının halk sağlığı açısından potansiyel bir sağlık tehlikesi oluşturabileceği sonucuna varmışlardır.

Demir vd., (2010), Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularının kalitesinin izlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, her ay periyodik olarak 10 farklı noktadan (6 sondaj kuyusu, 2 su deposu, arıtma girişi ve arıtma çıkışı) aldıkları içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik analizlerini (fekal ve toplam koliform) membran filtrasyon yöntemi kullanılarak yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, adı geçen suların mikrobiyolojik yönden “iyi kaliteli yeraltı suları” olarak sınıflandırılabilceğini belirtmişlerdir.

Erdoğan (2011), Van ve çevresindeki içme ve kullanma sularında yaptığı analiz neticesinde, örneklerin 49' unda toplam koliform, 25'inde fekal koliform, 19'unda *E. coli*,

11’inde fekal streptokok tespit etmiştir. Araştırmacı, alınan örneklerin hiçbirinde *Salmonella* sp. ve *Shigella* sp. patojenlerini tespit edememiştir.

Erkman (2011), Düzce ilinde kesitsel bir çalışma gerçekleştirmiş ve Düzce yöresi içme ve kullanma sularından alınan her iki örnekten birinin bakteriyolojik yönden uygun olmadığını tespit etmiştir. Köylerden alınan örneklerin bakteriyolojik olarak daha kirli olduğunu gözlemlemiş, bu durumun ise köylerin depo şartlarının daha uygunsuz olmasından ve köylerde etkin olarak klorlama yapılmamasından kaynaklandığını vurgulamıştır.

Rıfaat (2014), içme ve kullanma suları üzerine yaptığı çalışmasında, İstanbul ilinde ve çevresinde içme amaçlı cam, plastik ve damacana su sebillerinden su örnekleri toplamıştır. EMS ile yapılan analizde, toplam koliform, fekal koliform bakteri ve *E.coli* tespit edilmemiştir.

Nacar (2014), Kahramanmaraş Türkoğlu-Orçan bölgesinde yer alan içme sularının kalitesini belirlenmeyi amaçlamıştır. Bunun için, Kahramanmaraş iline bağlı çeşitli köy ve belediyelerden içme suyu temini amaçlı kullanılan kuyu ve kaynaklardan aylık periyotlarla örnekler almış, bazı fiziksel ve kimyasal niteliklerini saptamıştır. Sonuçta, elde ettiği verilere göre, içme suyu olarak kullanılan kaynak ve kuyu sularının, içme suyu standartlarına (TS-266, WHO ve EPA) göre içilebilir nitelikte olduğunu gözlemlemiştir.

Durak (2015), Sivas ili ve 5 ilçesinin (Gemerek, Şarkışla, Ulaş, Yıldızeli ve Zara) içme ve kullanma sularında *E.coli* O157:H7 suşunun varlığını araştırmıştır. Bu amaçla 200 adet su örneği elde ederek incelemiştir. Araştırmada, “TS EN ISO 9308-1 *Escherichia coli* ve koliform bakterilerin tespiti ve sayımında “Membran Filtrasyon Yöntemi” kullanılmıştır. Laktozlu TTC Tergitol besiyeri ile *Escherichia coli*’nin tanımlanması için oksidaz ve indol testleri yapılmıştır. Yine, *Escherichia coli* O157:H7 serotipi tanımlanması için SMAC agar, doğrulanması için de lateks aglutinasyon test kiti kullanmıştır. 200 adet su örneğinde bu serotipe rastlanılmazken, 80 adet su örneğinde koliform bakteriye, 66 adet su örneğinde *Escherichia coli* bakterisine rastlanılmıştır. Tüm örnekler içerisinde, toplam koliform bakteri oranı %40, *Escherichia coli* oranı %33 olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda

Sivas ili içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik kalite kontrolü açısından, kontrollerin daha sık yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kireçci vd., (2016), çalışmalarında Kahramanmaraş ve çevresindeki içme ve kullanma suları ile çevresel (nehir, göl) gibi suların mikrobiyolojik kalitesini araştırmışlardır. Bu araştırmada toplanan 67 adet su numunesi çalışmaya alınmıştır. Analizler sonucunda 67 adet su numunesinin 53'ünde (%79) *Escherichia coli* ve diğer bakteriler izole edilmiştir. İçme ve kullanma sularındaki *Escherichia coli* varlığı fekal bir kontaminasyonu gösterdiğinden, bu durumun su kaynaklı enfeksiyonlara yol açabileceği düşünülmüştür.

Muş ve Çetinkaya (2017), Bursa ili ve ilçelerinde çeşitli kaynaklardan elde ettikleri toplam 200 adet su örneğini incelemişlerdir. Araştırmacılar, artezyen kuyu suyu örneklerinde koliform, *E.coli* ve enterokok kontaminasyonun varlığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, şebeke sularında *E.coli* ve enterokok kontaminasyonu %2,5 (3/119), koliform ise %12,6 (15/119) olarak belirlenmiştir. Analiz edilen örneklerin %37,5'inin (75 örnek) Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan su yönetmeliğindeki (Resmi Gazete, 2013) kriterleri karşılamadığı ortaya konmuştur.

Çavdar (2018), Sakarya ilinde yaptığı çalışmasında, hastane içme ve kullanma su ve sürüntü örneklerini mikrobiyolojik yönden inceleyerek, hastane içme ve kullanma sularının hastalar ve hastane personeli sağlığı açısından risk oluşturup oluşturmadığı konusunu amaçlamıştır. Sonuç olarak araştırmasında, hastane içme ve kullanma sularının bakteriyolojik analizinde; patojen bakteri üremesi saptanmadığı ve ilgili yönetmeliklere uygun olduğu görmüştür. Fakat içme ve kullanma suyu ve sürüntü örneklerinde fırsatçı patojen bakterilerin izole edilmesinin önem arz ettiğini ve hastane içme ve kullanma sularında da periyodik olarak patojen veya fırsatçı patojenlerle ilgili mikrobiyolojik analizler yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Varol (2019), çalışmasında Kocaeli ilindeki içme suyu kaynaklarının karakteristik özelliklerinin belirlenmesi ve bu suların kalite kategorilerinin tespitini amaçlamıştır. Araştırmada, Kocaeli ilinin su ihtiyacının yaklaşık %90'ını karşılayan Yuvacık baraj gölü ve bu gölü besleyen dereler ile kaynak sularını temsilen belirlenen noktalardan iki dönem ham su numuneleri alınmıştır. "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Yerüstü Su Kalitesi

Yönetmeliği’’ ne göre değerlendirilmiş ve bu ildeki suların 1.sınıf (çok iyi) su kalitesi özelliği taşıdığı sonucuna varılmıştır.

Güner (2021), İstanbul ilinde 2017 yılında yapılan su analizlerinin sonuçları gerekli izinler alınarak elde edilmiş, yapılan istatistiksel analizler sonucunda içme ve kullanma sularının halka güvenli bir şekilde ulaştırılması konusu araştırılmış ve sonuçların kabul edilebilirliği değerlendirmiştir. 2017 yılında İstanbul ilinde yapılan “185 denetim izlem”, “9369 kontrol izlem” ve “149149 bakiye klor izlemi” amacıyla yapılan analiz sonuçlarına göre içme ve kullanma sularındaki uygunsuzluk oranlarının doğal seyrinde olduğu ve insan hayatını tehdit eder boyutta olmadığı anlaşılmıştır.

Terzi ve Dündar (2020) ise, Ülkemizde son 10 yılda YÖK veri tabanında arşivlenen tezlerden, 2009-2018 yılları arasında yayınlanmış “içme ve kullanma suyu” anahtar kelimesiyle yapılan arama sonucu ulaşılan tüm tezleri ele almıştır. Son 10 yılda içme ve kullanma suyu konusuyla doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiş tez sayısı 462, en fazla (%13,2) tez yapılan yılın 2018 yılı olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın neticesinde son yıllarda, içme kullanma suyu ile ilişkili tezlerin önceki yıllara göre artış gösterdiği, su konusunun çevresel anlamda daha çok irdelendiği, öncelikle su kirliliğiyle ilişkili çalışmalara önem verildiği düşünülmüştür.

Koçer (2021), Şanlıurfa ilinde satışa sunulan ambalajlı sulardan Şubat 2020-Ağustos 2020 tarihlerinde 10 farklı markadan 20 örnek alarak kimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelemiştir. Alınan örneklerde pH, elektriksel iletkenlik, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, F, koliform bakteri, *Escherichia coli* (*E. coli*) ve *Pseudomonas aeruginosa* analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar; ilgili standartlarda (RG, 2013; TSE, 2005; WHO, 2011 ve USEPA, 2018) bildirilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmede, mikrobiyolojik olarak uygunsuzluk tespit edilmemiştir. Ancak, kimyasal parametrelerden nitrit ve nitrat ile ilgili uygunsuzluk saptanmıştır. Dört örnekte (%20) nitrit, yedi örnekte (%35) nitrat tespit edilmiştir. Nitrit değerlerinden üç örneğin RG (2013) ve TSE (2005)’e, bir örneğin ise RG (2013), TSE (2005) ve USEPA (2018)’ya uygun olmadığı; nitrat değerlerinden de yedisinin USEPA (2018) değerlerine uygun olmadığı görülmüştür.

Kuştul (2022), alışmasında, Rize merkez ve ilçelerine ait yerleşim birimlerinde içme ve kullanma sularının mikrobiyel kirliliğine neden olan *E.coli* suşlarında antibiyotik direnç profilinin pratik yöntemle ve disk difüzyon metoduyla araştırılması esas almıştır. Sonuç olarak geliştirilen sıvı dilüsyon yöntemi ile seçilen 544 suştan 86'sında çoklu antibiyotik direnci belirlenmiş ve disk düffüzyon metoduyla da doğrulanmış, ayrıca 41'inde direnç geni varlığı moleküler metotlarla ortaya konmuştur.

Yine, Alim ve arkadaşlarının (Alim ve ark, 1995), Sivas'ta şebeke ve kaynak sularında %16-39 oranında total koliform, %6,4-21,1 oranında ise ısıya toleran koliform tespit etmişlerdir.

Yabancı ülkelerde yapılan bazı çalışmalarda suların mikrobiyolojik kalitesi araştırılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde çeşitli eyaletlerde yapılan su incelemelerinde kırsal kesimde 161 kuyu suyu rneği çoklu tp yöntemi ile incelenmiş, örneklerin %62,1'inde total koliform, %27,3'ünde ise ısıya toleran koliform bulunmuştur (Demirtaş, 1997). Yine aynı yöntemle Amerika'da 1300 örnekle yapılan bir çalışmada, örneklerin %39,40'ında, 3600 örnekle yapılan başka bir çalışmada ise örneklerin %37'sinde koliform bakteri tespit edilmiştir (Demirtaş, 1997). Guillemine ve arkadaşları (Guillemine et al, 1991) ise, Batı Afrika'da artezyen kuyularında yaptıkları incelemede, ısıya toleran koliform bakterileri tiplendirmişler ve %85 oranında *E.coli* tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Su örnekleri

Örnekler, Muş şehir merkezini kapsayacak şekilde önceden belirlenen mesken, halk çeşmeleri ile resmi kurumlardan 01 Haziran 2022 ile 30 Ekim 2022 tarihleri arasında alındı. Bu amaçla; 28 adedi mesken, 16 adedi resmi kurum ve 8 adedi halk çeşmelerinden olmak üzere toplam 52 adet su örneği incelendi. Tablo 3.1.'de su örneklerinin alındığı yer ve kaynak bilgisi gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Su örneklerinin alındığı yer ve kaynağı

Kaynak	Mesken	Resmi kurum	Halk çeşmesi
Şebeke suyu	28	8	4
Kaynak suyu	-	8	4
Toplam	28	16	8

Örnekler, 250 mL'lik steril, koyu renkli, geniş ağızlı cam şişelere alev altında usulüne uygun olarak alındı. Alınan örnekler, soğuk zincir altında Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü laboratuvarına nakledildi. Laboratuvarda analizleri yapıncaya kadar $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de saklandı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.1.1. Suyun Sıcaklığının Saptanması

Numunelerin sıcaklığı termometre ile ölçüldü.

3.2.1.2. Koku ve Tadın Saptanması

Numunelerin koku ve tadı Türk Standardları Enstitüsü'nün önerdiği metotlara göre belirlendi (TSE,2005).

3.2.1.3. pH Değerinin Saptanması

Örneklerin pH değerleri ($25\pm1^{\circ}\text{C}$) pH metre (P Selecta, pH 2001) ile saptandı (AOAC, 2010).

3.2.1.4. Toplam Organik Madde Analizi

Organik madde miktarı (mg oksijen/l) hesabıyla Dokuzlu (2000)'nun belirttiği yöntemle göre yapıldı.

Hesaplama:

Organik madde (mg oksijen/l) = mL olarak permanganat harcaması X 0,8

3.2.1.5. Nitrit Tayini (Kalitatif)

Diazo reaktifi ile gerçekleştirilmiştir. Reaktifin hazırlanması:

1. İlk olarak 100 mg Naphtylamine 20 mL suda eritildi. Soğutulduktan sonra yağ zerreciklerinin kalmaması için pamuktan süzüldü.

2. 500 mg sulfanilik asit bir balonda 150 mL %10 asetik asitte benmaride eritildi, sonra musluk suyu altında soğutuldu.

3. Süzülen 1. madde içine de 150 mL %10 asetik asit kondu ve 2. madde ile karıştırıldı.

Not: Yapılan solüsyon renksiz olmalıdır. Renkli ise, üzerine biraz çinko tozu konarak süzgeç kağıdından süzülür.

Deneyin Yapılışı: 50 mL örnek üzerine 1mL Diazo reaktifi konuldu. Meydana gelen kırmızı renk müspet, açık kırmızı renk şüpheli olarak değerlendirildi. Rengi değişmeyen örnekler ise, nitrit bakımından olumsuz sayıldı (Tolgay ve Tetik,1964).

3.2.1.6. Nitrat Tayini (Kalitatif)

Brucine ile yapılmıştır.

Deneyin Yapılışı: 2 mL örnek su bir tüpe konularak üzerine 5 mL H₂SO₄ ilave edildi. Tüp soğutuldu ve üzerine 1-2 adet brucine kristalinden ilave edildi. Nitrat (NO₃) varlığında, kırmızı bir renk oluştu (Tolgay ve Tetik,1964).

3.2.1.7. Amonyak Tayini (Kalitatif)

Nessler reaktifi kullanıldı.

Deneyin Yapılışı: Nessler tüplerinden birine 50 mL kloru giderilmiş ve çökeleği uzaklaştırılmış su örneği, diğerine şahit için 50 mL saf su konuldu. Üzerlerine 1 mL K-Na tartarat çözeltisi ve 1 mL Nessler ayırıcı ilave edildi. Tüpler 10 dakika bekletildikten sonra örnek ile şahit tüpün renkleri karşılaştırıldı. Örnekte oluşan sarı renk farklılığı amonyanın varlığını gösterdi (Tolgay ve Tetik,1964).

3.2.1.8. EDTA ile Sertlik Tayini

Reaktifler:

1. a) 4,0 g EDTA.2H₂O (Etilen Diamin Tetra Asetik Asit veya tuzları) ve 0,1 g MgCl₂.6H₂O tartıldı ve 800 mL damıtık suda çözündürüldü. Bu solüsyon 1mL'si 1 mg CaCO₃ 'a eşdeğer olacak şekilde CaCO₃'a karşı ayarlandı.

b) Standart CaCO_3 Çözeltisi: Uzun müddet 105°C de veya 1 gece desikatörde kurutulan 1 g kimyaca saf kalsiyum karbonat 3-4 damla HCl veya dilüe NH_4OH ' da eritilerek damıtık su ile 1 litreye tamamlandı.

2. Amonyum Tampon Çözeltisi: 67,5 g NH_4Cl 570 mL derişik amonyakta ($d=0,88$) çözüldü. Damıtık su ile bir litreye tamamlandı.

3. İndikatör Çözeltisi: 0,5 Eriochrome Black-T tartılır ve 100 mL %60-80 etil alkolde çözüldü.

4. İnhibitör Çözeltisi: 5g $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$. veya $\text{NaS}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözüldü ve 100 mL'ye tamamlandı.

Deneyin yapılışı: Deney için 25-30 mL su örneği bir erlenmayere alındı. 1 mL tampon çözeltisi ve 1 mL inhibitör ile 1-2 damla indikatör damlatıldı. EDTA ile ağır ağır devamlı karıştırılarak son şarap kırmızısı renk kayboluncaya kadar titre edildi. Bundan sonra 3-5 saniye aralıkla 2 damla daha EDTA ilave edildi ve kullanılan EDTA miktarı formülde yerine yazılarak sertlik hesaplandı (Tolgay ve Tetik,1964).

$$\frac{A}{B} \times 100 = \frac{A \times 1000}{B \times 10} = \text{CaCO}_3 / \text{lt (Fr. sertlik)} \quad (3.1)$$

A= Titrasyonda harcanan EDTA miktarı (mL)

B= Örnek miktarı (mL)

3.2.2. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.2.1. Örneklerin Deneyler İçin Hazırlanması

İyice karıştırılmış numuneden aseptik şartlar altında 10 mL alınarak içinde 90 mL seyreltici (pepton water) bulunan şişeye kondu ve karıştırıldı. Böylece numunenin $1/10$ 'luk (10^{-1}) seyreltisi hazırlandı. Sonra aynı seyreltici kullanılarak örneğin 10^{-6} 'ya kadar diğer seyreltileri yapıldı (Harrigan,1998; Maturin and Peeler, 2019). Ekimi yapılan plaklar

inkübe edildi ve inkübasyon süresi sonunda 30-300 koloni içeren plaklar ile 30'dan az koloni içeren örneklere (10^0) ait plaklar değerlendirmeye alındı. Sayılan kolonilerin logaritmaları ($\log_{10}$) alınarak ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandı.

3.2.2.2. Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayımı

Toplam mezofilik aerob bakterilere ait koloni sayıları, örneklerin her seyreltisinden birer mL kullanılarak dökme plak metodu ile ekimleri yapıldı. Bunun için Plate Count Agar (PCA) (Oxoid) besiyeri kullanıldı. Ekimi yapılmış petri kutularından iki seri hazırlandı. Biri 22°C'de 72 saat, diğer seri 37°C'de 72 saat inkübe edildi (Resmi Gazete,2013). İnkübasyon süresi sonunda plaklarda oluşan koloniler değerlendirildi (Tekinşen,1976; TSE,2005).

3.2.2.3. Koliform Grubu Bakteri Sayımı

Koliform grubu bakteri sayıları, En Muhtemel Sayı (EMS) yöntemiyle belirlendi. Bunun için örneklere tahmin ve doğrulama deneyleri uygulandı. Tahmin deneyinde, Durham tüplü standart Laktoz Broth besiyeri kullanıldı. Bunun için su örneğinden çift güçlü besiyerini içeren 1 tüpe 10 mL, tek güçlü besiyerini içeren 2 tüpe ise sırasıyla 1 mL ve 0,1 mL miktarlarında ilave edildi. Ekimi yapılan tüpler 37°C'de 24-48 saat inkübe edildi. İnkübasyondan sonra üreme (bulanıklık) ile birlikte Durham tüpünde gazın görüldüğü tüpler "şüpheli pozitif" olarak değerlendirildi. Ancak, 24 saat içinde pozitif sonuç vermeyen tüpler 24 saat daha etüvde bekletildi. Ekimler çift seri olarak yapıldı. Analiz sonucunda, tahmini koliform bakteri sayısı (EMS/100 mL) aşağıda verilen "En Muhtemel Sayı" tablosundan (Tablo 3.2) yararlanılarak belirlendi (Tekinşen,1976).

Tablo 3.2.En Muhtemel Sayı (EMS) Tablosu

Her Tüpe Ekilen Suyun Miktarı	10 mL	1 mL	0,1 mL	100 mL Orijinal Sudaki Koliform Bakterilerin En Muhtemel Sayısı (EMS/100 mL)
Kullanılan Tüplerin Sayısı	1	1	1	
Reaksiyon Sonucu	+	+	+	> 240
	+	+	-	240
	+	-	+	95
	+	-	-	23
	-	+	+	19
	-	+	-	9
	-	-	+	9
	-	-	-	< 9

< : den az > : den fazla.

Tahmin deneyinde oluşan gazın gerçekten koliform grubu bakteriler tarafından oluşturulduğunu saptamak için, pozitif reaksiyon veren tüpler doğrulama deneyine alındı. Bunun için, Brilliant Green Bile Lactose Buyyon' a (BGLB) ekimleri yapıldı ve 35°C'de 24-48±3 saat inkübe edildi. Tüplerde üreme ve gaz oluşumu pozitif olarak değerlendirildi (Feng et al, 2002).

3.2.2.4. Fekal Koliformların Saptanması

Fekal koliform analizi için tahmini pozitif olan Lactose Broth besiyerini içeren tüplerden 1 öze dolusu alınarak EC Broth'a (Merck 1.10765) geçildi ve 44,5°C'de 24-48±2 saat inkübe edildi. İnkübasyon süresi sonunda üreme ve gaz oluşumu gözlenen tüpler fekal koliform olarak değerlendirildi (Feng et al, 2002).

3.2.2.5. *E.coli*' nin Tespiti

EC Broth besiyerinde pozitif sonuç veren tüplere indol testi uygulandı. İndol pozitif reaksiyon veren tüpler *E.coli*, negatif reaksiyon verenler ise *E. coli* dışındaki diğer fekal koliformlar olarak değerlendirildi (TSE,1996; Smoot and Pierson, 1997; Hitchins ve et al.,1998).

İndol deneyi: Tripton Water besiyerine ekimi yapılan tüpler, $35\pm0,5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 ± 2 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonrası tüplere 0,2-0,3 mL Kovacs reaktifi ilave edildi. Tüpler hafifçe çalkalandı ve besi yerinin üst tabakasında kırmızı rengin görülmesi indol pozitif olarak değerlendirildi (Feng et al, 2002).

3.2.3. İstatiksel Analizler

Elde edilen parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri SPSS 20 paket programı kullanılarak hesaplandı (Fowler J, Cohen L. (1992).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Suyun Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırmada, Muş şehir merkezinin değişik noktalarından, gelişigüzel seçilmiş ev, halk çeşmeleri ve resmi kurumlardan alınan 52 su örneği fiziksel, duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri açısından analiz edildi. İncelenen su örneklerinin 8 tanesi halk çeşmesi olarak bilinen halka açık alanlardaki musluk sularından, 28' i mesken ve 16 tanesi resmi kurumlardan toplandı. Resmi kurumlardan toplanan su örneklerinin %50'si kaynak sularından, kalan %50'sinin şehrin su şebekesinden beslendiği belirlendi. Umuma açık çeşmelerin de %50'si şebeke suyu iken, kalan %50'lik kısmı kendi kaynağından beslenen kaynak suları olduğu görüldü. Meskenlerden alınan su örneklerinin tamamının kaynağını şebeke suyunun oluşturduğu saptandı.

4.1.1.1. Suyun Sıcaklığı

Bu araştırmada, incelenen 52 adet su örneğinde sıcaklık değeri 11°C ile 19°C arasında ölçüldü. Ortalama sıcaklık değeri ise $15,21 \pm 2,880^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edildi.

4.1.1.2. Koku ve Tat

Su örneklerinin tat ve kokusu örnek alım aşamasında organoleptik muayene ile incelendi. Alınan toplam 52 adet örneğin hepsinde renk berrak olup, kokusuz ve tadında ise anormal bir farklılığın olmadığı tespit edildi.

4.1.1.3. pH Değeri

Su örneklerinin kaynaklara göre pH değerleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tablo 4.1’den su örneklerinde pH’ nın 6,13-7,58 arasında değiştiği ve ortalama olarak $6,95 \pm 0,279$ değerinde olduğu görülmektedir. Meskenlerden elde edilen su örneklerinin pH değerleri ortalama $6,87 \pm 0,283$ olarak tespit edildi. Halk çeşmelerine ait şebeke ve kaynak sularında ortalama değer sırasıyla $6,96 \pm 0,131$ ve $6,81 \pm 0,231$ olarak tespit edilirken, resmi kurumlardan alınan su örneklerinde bu değerler ortalama olarak sırasıyla $6,99 \pm 0,086$ ve $7,29 \pm 0,232$ olarak saptandı.

Tablo 4.1. İncelenen su örneklerinden elde edilen pH değerleri

Alındığı yer	Kaynağı	En az	En çok	Ortalama ($\bar{X} \pm S_x$)
Halk çeşmesi	Şebeke (n=4)	6,81	7,10	$6,96 \pm 0,131$
	Kaynak (n=4)	6,46	6,95	$6,81 \pm 0,231$
Resmi kurum	Şebeke (n=8)	6,85	7,10	$6,99 \pm 0,086$
	Kaynak (n=8)	7,06	7,58	$7,29 \pm 0,232$
Mesken	Şebeke (n=28)	6,13	7,08	$6,87 \pm 0,283$
Toplam	n=52	6,13	7,58	$6,95 \pm 0,279$

X : Aritmetik ortalama Sx : Standart sapma.

4.1.1.4. Toplam Organik Madde Miktarı

Tablo 4.2’de, Muş şehir merkezinden alınan 52 su örneğinde organik madde miktarları gösterilmektedir. Organik madde miktarları tüm örneklerde en az 0,45 mg oksijen/lit, en çok 6,00 mg oksijen/lit ve ortalama olarak $1,15 \pm 0,919$ mg oksijen/lit değerinde tespit edildi. Meskenlerden alınan su örneklerinin ortalama organik madde miktarı $1,19 \pm 1,117$ mg oksijen/lit, halk çeşmelerinin şebeke ve kaynak sularında sırasıyla ortalama olarak $1,40 \pm 0,648$ mg oksijen/lit ve $1,03 \pm 0,330$ mg oksijen/lit, resmi kurumların ise yine şebeke ve kaynak sularında sırasıyla $1,16 \pm 0,98$ mg oksijen/lit ve $0,91 \pm 0,164$ mg oksijen/lit olduğu tespit edildi. Şebeke sularının (n=40) ortalama organik madde miktarı $1,21 \pm 1,036$ mg oksijen/lit, bulunurken, kaynak sularında (n=12) ortalama değer $0,95 \pm 0,223$ mg oksijen/lit olarak tespit edildi.

Tablo 4.2. İncelenen su örneklerinden elde edilen toplam organik madde miktarları (mg oksijen/lı)

Alındığı yer	Kaynağı	En az	En çok	Ortalama ($\bar{X} \pm S_x$)
Halk çeşmesi	Şebeke(n=4)	0,80	2,10	1,40±0,648
	Kaynak(n=4)	0,60	1,40	1,03±0,330
Resmi kurum	Şebeke (n=8)	0,45	3,50	1,16±0,981
	Kaynak(n=8)	0,70	1,20	0,91±0,164
Mesken	Şebeke(n=28)	0,45	6,00	1,19±1,117
Toplam	n=52	0,45	6,00	1,15±0,919

X : Aritmetik ortalama Sx : Standart sapma.

4.1.1.5. Nitrit Miktarı

Muş şehir merkezinden elde edilen 52 musluk suyu örneğı, Diazo Reaktifi kullanılarak nitrit yönünden incelendi. Ancak, inceleme neticesinde hiçbir örnekte nitrit tespit edilmedi.

4.1.1.6. Nitrat Miktarı

Su örnekleri Brucine kullanılarak nitrat yönünden incelendi. Ancak, 52 örneğın hiç birinde nitrata rastlanmadı. Netice itibariyle, Muş şehir merkezinin değışik noktalarından (ev, halk çeşmeleri, resmi kurum) alınan toplam 52 musluk suyu örneğinde nitrat bulunmadığı görüldü.

4.1.1.7. Amonyak Miktarı

Muş şehir merkezinden alınan 52 su örneğı amonyak ihtiva etmesi yönünden incelendi. Nessler reaktifi kullanılarak gerçekleştirilen deneyler neticesinde pozitif reaksiyonu gösteren renk değışimi gözlemlenmedi. İncelenen su örneklerinde amonyak olmadığı görüldü.

4.1.1.8. Toplam Sertlik

Muş şehir merkezinden elde edile 52 su örneğı sertlik yönünden incelenerek değıerler, Fransız sertlik derecesi (°FS) cinsinden hesaplandı (Tablo 4.3). Tüm örneklerde sertlik

derecesi en az 2,00 °FS, en çok 36,00 °FS ve ortalama olarak $7,49 \pm 5,277$ °FS değeri de bulundu. Meskenlerden alınan su örneklerinin ortalama sertlik derecesi $8,98 \pm 6,515$ °FS, halk çeşmelerinin şebeke ve kaynak sularında ortalama olarak sırasıyla $6,10 \pm 1,677$ °FS ve $2,70 \pm 0,503$ °FS, resmi kurumlarda ise bu değerlerin sırasıyla $6,65 \pm 1,599$ °FS ve $6,20 \pm 3,076$ °FS olduğu görüldü. Şebeke sularının (n=40) ortalama sertlik derecesi $8,23 \pm 5,607$ °FS bulunurken, kaynak sularında (n=12) ortalama değer $5,03 \pm 3,010$ °FS olarak tespit edildi.

Tablo 4.3. İncelenen su örneklerinin toplam sertlik değerleri (°FS)

Alındığı yer	Kaynağı	En az	En çok	Ortalama ($\bar{X} \pm S_x$)
Halk çeşmesi	Şebeke (n=4)	4,40	8,40	$6,10 \pm 1,677$
	Kaynak (n=4)	2,00	3,20	$2,70 \pm 0,503$
Resmi kurum	Şebeke (n=8)	4,00	8,40	$6,65 \pm 1,599$
	Kaynak (n=8)	4,00	12,00	$6,20 \pm 3,076$
Mesken	Şebeke (n=28)	2,00	36,00	$8,98 \pm 6,515$
Toplam	n=52	2,00	36,00	$7,49 \pm 5,277$

X : Aritmetik ortalama Sx : Standart sapma.

4.1.2. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri

4.1.2.1. Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı

Muş şehir merkezinden alınan toplam 52 su örneğinin içermiş olduğu toplam mezofilik aerob bakteri sayıları Tablo 4.4’de gösterilmektedir. Tablo 4.4 de görüldüğü gibi, 22°C’de yapılan inkübasyon neticesinde, toplam mezofilik aerob bakteri sayısı halk çeşmelerinden alınan su örneklerinde en az değer $<0 \log_{10}$ kob/mL bulunurken, en yüksek değer $1,48 \log_{10}$ kob/mL’dir. Ortalama değer ise $0,71 \pm 0,561 \log_{10}$ kob/mL olarak tespit edildi. Resmi kurumlarda en düşük değer $<1 \log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer $3,42 \log_{10}$ kob/mL’dir. Ortalama değer ise $1,84 \pm 0,773 \log_{10}$ kob/mL’dir. Meskenlerden elde edilen örneklerde en düşük değer $<0 \log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer $3,04 \log_{10}$ kob/mL’dir. Ortalama değer ise $1,69 \pm 0,812 \log_{10}$ kob/mL’dir.

Ekim yapıldıktan sonra 37°C’de 72 saat inkübasyon sonunda, toplam mezofilik aerob bakteri sayısı halk çeşmelerinden alınan su örneklerinde en az değer $<0 \log_{10}$ kob/mL bulunurken, en yüksek değer 3,48 $\log_{10}$ kob/mL olarak tespit edildi. Ortalama değer ise, $0,62 \pm 1,203 \log_{10}$ kob/mL olarak bulundu. Resmi kurumlarda en düşük değer $<1 \log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer 4 $\log_{10}$ kob/mL, ortalama değer ise $1,52 \pm 1,039 \log_{10}$ kob/mL’dir. Meskenlerde en düşük değer $<0 \log_{10}$ kob/mL, en yüksek değer 2,62 $\log_{10}$ kob/mL’dir. Ortalama değer ise $1,41 \pm 0,861 \log_{10}$ kob/mL’dir.

Tablo 4.4. Su örneklerinin toplam mezofilik aerob bakteri sayısı bakımından karşılaştırılması ($\log_{10}$ kob/mL)

Toplam Mezofilik Aerob Bakteri	Suyun Alındığı Yer	Kaynağı	En az	En çok	Ortalama ($\bar{X} \pm S_x$)
22°C’de inkübasyon	Halk çeşmesi	Şebeke (n=4)	< 0	1,48	$0,72 \pm 0,829$
		Kaynak (n=4)	0,48	1,00	$0,70 \pm 0,219$
		n=8	< 0	1,48	$0,71 \pm 0,561$
	Resmi kurum	Şebeke (n=8)	< 0	3,42	$1,76 \pm 0,975$
		Kaynak (n=8)	0,85	2,78	$1,92 \pm 0,563$
		n=16	< 0	3,42	$1,84 \pm 0,773$
	Mesken	Şebeke (n=28)	< 0	3,04	$1,69 \pm 0,812$
	Toplam: 52				
	Halk çeşmesi	Şebeke (n=4)	< 0	0,78	$0,37 \pm 0,426$
		Kaynak (n=4)	< 0	3,48	$0,87 \pm 1,740$
		n=8	< 0	3,48	$0,62 \pm 1,203$
37°C’de inkübasyon	Resmi kurum	Şebeke (n=8)	< 0	3,23	$1,32 \pm 1,066$
		Kaynak (n=8)	0,60	4,00	$1,72 \pm 1,042$
		n=16	< 0	4	$1,52 \pm 1,039$
	Mesken	Şebeke (n=28)	< 0	2,62	$1,41 \pm 0,861$
	Toplam: 52				

n: Örnek sayısı.

X: Aritmetik ortalama S_x : Standart sapma.

Muş şehir merkezinde farklı yerlerden (halk çeşmesi, resmi kurum, mesken) alınan toplam 52 adet su örneğinin 22°C ve 37°C inkübasyonlarında elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayıları Tablo 4.5’de verilmektedir. Tablo 4.5’de görüldüğü gibi, PCA’ya ekim yapıldıktan sonra 22°C’de inkübe edilen şebeke sularında belirlenen en düşük değer <1

$\log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer 3,42 $\log_{10}$ kob/mL olarak bulundu. Ortalama değer ise $1,60 \pm 0,878 \log_{10}$ kob/mL saptandı. Kaynak sularında rastlanan en düşük değer 0,48 $\log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer 2,78 $\log_{10}$ kob/mL'dir. Ortalama değer ise $1,52 \pm 0,761 \log_{10}$ kob/mL'dir.

Şebeke sularında 37°C'de inkübasyon sonucu rastlanan en düşük değer $<1 \log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer 3,23 $\log_{10}$ kob/mL olarak bulundu. Ortalama değer ise $1,29 \pm 0,911 \log_{10}$ kob/mL'dir. Kaynak sularında belirlenen en düşük değer $<1 \log_{10}$ kob/mL, en yüksek değer 4 $\log_{10}$ kob/mL'dir. Ortalama değer ise $1,44 \pm 1,301 \log_{10}$ kob/mL'dir.

Analizi yapılan tüm numunelerde 22°C inkübasyonda belirlenen en düşük değer $<1 \log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer 3,42 $\log_{10}$ kob/mL'dir. Ortalama değer ise $1,58 \pm 0,846 \log_{10}$ kob/mL'dir. 37°C inkübe edilenler arasında saptanan en düşük değer $<1 \log_{10}$ kob/mL iken, en yüksek değer 4 $\log_{10}$ kob/mL'dir. Ortalama değer ise $1,32 \pm 1,002 \log_{10}$ kob/mL'dir.

Tablo 4.5. İncelenen şebeke ve kaynak sularının 22°C ve 37°C inkübasyonlarda elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayıları ($\log_{10}$ kob/mL)

İnkübasyon Sıcaklığı	Kaynağı	En az	En çok	Ortalama ($X \pm Sx$)
22°C	Şebeke (n=40)	< 0	3,42	$1,60 \pm 0,878$
	Kaynak (n=12)	0,48	2,78	$1,52 \pm 0,761$
	Toplam =52	< 0	3,42	$1,58 \pm 0,846$
37°C	Şebeke (n=40)	< 0	3,23	$1,29 \pm 0,911$
	Kaynak (n=12)	< 0	4	$1,44 \pm 1,301$
	Toplam =52		4	$1,32 \pm 1,002$

n: Örnek sayısı.

X : Aritmetik ortalama Sx : Standart sapma.

Su örneklerinin 22°C'de inkübasyonu sonunda, elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı Tablo 4.6'de gösterilmektedir. Tablo 4.6'den anlaşılacağı üzere, halk çeşmelerinden alınan örneklerden şebeke kaynaklı olanların %50'si $<0 \log_{10}$ kob/mL, %50'si ise 0-0,95 $\log_{10}$ kob/mL arasında bakteri ihtiva etmektedir. Kaynak suyu olan halk çeşmelerinin de %75'i 0-0,95 $\log_{10}$ kob/mL, %25'i ise 1,0-1,99 $\log_{10}$ kob/mL arasında bakteri içermektedir.

Resmi kurumlardan alınan örneklerden şebeke kaynaklı olanların %12,5'i $<0 \log_{10}$ kob/mL, %50'si $1,0-1,99 \log_{10}$ kob/mL, %25'i $2,0-2,99 \log_{10}$ kob/mL, %12,5'i ise $3,0-3,99 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri ihtiva etmektedir. Resmi kurum kaynak sularının ise %12,5'i $0-0,95 \log_{10}$ kob/mL, %37,5'i $1,0-1,99 \log_{10}$ kob/mL, %50'si $2,0-2,99 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri içermektedir.

Meskenlerden alınan şebeke kaynaklı su örneklerinden %21,4'ü $0-0,95 \log_{10}$ kob/mL, %50'si $1,0-1,99 \log_{10}$ kob/mL, %25'i $2,0-2,99 \log_{10}$ kob/mL, %3,6'sı $3,0-3,99 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri ihtiva etmektedir.

İnkübasyonu 22°C ' de yapılan örneklerin hiç birinde $4,0 \log_{10}$ kob/mL' den fazla toplam mezofilik aerob bakteri saptanamadı.

Tablo 4.6. İnkübasyon sonu (22°C ' de) elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı

Suyun Alındığı Yer	Kaynağı	< 0		0-0,95		1,0-1,99		2,0-2,99		3,0-3,99		> 4,0	
		$\log_{10}$ kob/mL		$\log_{10}$ kob/mL		$\log_{10}$ kob/mL		$\log_{10}$ kob/mL		$\log_{10}$ kob/mL		$\log_{10}$ kob/mL	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Halk Çeşmesi	Şebeke	2	50	2	50	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kaynak	-	-	3	75	1	25	-	-	-	-	-	-
Resmi Kurum	Şebeke	1	12,5	-	-	4	50	2	25	1	12,5	-	-
	Kaynak	-	-	1	12,5	3	37,5	4	50	-	-	-	-
Mesken	Şebeke	-	-	6	21,4	14	50	7	25	1	3,6	-	-

n: Örnek sayısı.

Tablo 4.7'de su örneklerinin 37°C 'de inkübasyonunda saptanan toplam mezofilik aerob bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı gösterilmektedir. Elde edilen bulgulara göre halk çeşmelerinden alınan örneklerden şebeke kaynaklı olanların %50'si $<0 \log_{10}$ kob/mL, %50'si de $0-0,95 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri ihtiva etmektedir. Kaynak suyu olan halk çeşmelerinin ise %75'i $<0 \log_{10}$ kob/mL, %25'i ise $3,0-3,99 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri ihtiva etmektedir.

Resmi kurumlardan alınan örneklerden şebeke kaynaklı olanların %25'i $<0 \log_{10}$ kob/mL, %50'si $1,0-1,99 \log_{10}$ kob/mL, %12,5'i $2,0-2,99 \log_{10}$ kob/mL, %12,5'i $3,0-3,99 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri içermektedir. Resmi kurum kaynak sularının ise, %25'i $<0 \log_{10}$ kob/mL, %50'si $1,0-1,99 \log_{10}$ kob/mL, %12,5'i $2,0-2,99 \log_{10}$ kob/mL, diğer %12,5'i ise $3,0-3,99 \log_{10}$ kob/mL'den fazla bakteri ihtiva etmektedir.

Meskenlerden alınan şebeke kaynaklı su örneklerinin %14,3'ü $<0 \log_{10}$ kob/mL, %14,3'ü $0-0,95 \log_{10}$ kob/mL, %39,3'ü $1,0-1,99 \log_{10}$ kob/mL, %32,1'i $2,0-2,99 \log_{10}$ kob/mL arasında bakteri içermektedir.

Tablo 4.7. İnkübasyon sonu (37°C ' de) elde edilen toplam mezofilik aerob bakteri sayılarının örneklerle göre dağılımı

Suyun Alındığı Yer	Kaynağı	< 0 Log ₁₀ kob/mL		0-0,95 Log ₁₀ kob/mL		1,0-1,99 Log ₁₀ kob/mL		2,0-2,99 Log ₁₀ kob/mL		3,0-3,99 Log ₁₀ kob/mL		> 4,0 Log ₁₀ kob/mL	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Halk çeşmesi	Şebeke	2	50	2	50	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kaynak	3	75	-	-	-	-	-	-	1	25	-	-
Resmi kurum	Şebeke	2	25	-	-	4	50	1	12,5	1	12,5	-	-
	Kaynak	-	-	2	25	4	50	-	-	1	12,5	1	12,5
Mesken	Şebeke	4	14,3	4	14,3	11	39,3	9	32,1	-	-	-	-

n: Örnek sayısı.

4.1.2.2. Koliform Grubu Bakteri Sayısı

Koliform bakterilerin tahmini sayısı EMS tablosuna göre hesaplandı. Su örneklerinin koliform bakteri sayısı bakımından alındığı yerlere göre dağılımı Tablo.4.8'da belirtilmektedir. Resmi kurum kaynak sularından 1 örnekte (%6,2), mesken şebeke sularından ise 3 örnekte (%5,8), toplamda 4 örnekte (%7,69) koliform bakteri sayısının $>240 \text{ EMS}/100 \text{ mL}$ 'den fazla olduğu saptandı. Toplam 26 örnekte (%50) ise koliform bakteri sayısının $9-240 \text{ EMS}/100 \text{ mL}$ arasında yer aldığı tespit edildi. Tablo.4.8'de görüldüğü gibi, incelenen su örneklerinin toplam 22 tanesinde (%42,31) ise, koliform bakteri sayısı $<9 \text{ EMS}/100 \text{ mL}$ miktarında bulunmuştur.

Tablo 4.8. Koliform bakteri sayılarının örneklere göre dağılımı

Koliform Bakteri Sayısı (EMS/100 mL)	Halk Çeşmesi		Resmi Kurum		Mesken		Toplam	
	Şebeke	Kaynak	Şebeke	Kaynak	Şebeke		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%
> 240	-	-	-	-	-	-	1	6,2
240	-	-	-	-	3	5,8	1	1,9
95	1	1,9	-	-	-	-	1	1,9
23	-	-	-	-	-	-	3	5,8
19	1	1,9	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-
< 9	2	3,6	4	7,7	5	9,6	2	3,9

n: Örnek sayısı.

4.1.2.3. Fekal Koliform ve *E.coli* Tespiti

İncelenen örneklerde fekal koliform ve *E.coli* tespit edilememiştir.

4.2. TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada, Muş il merkez sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden analiz edilmesi ile incelenen parametrelere göre kalitesinin belirlenmesi amaçlandı. Çalışmada hedeflenerek seçilen ev, halk çeşmeleri ve resmi kurumların farklı noktalarından 52 adet örnek alındı. Alınan örnekler fiziksel, duyuşsal ve kimyasal olarak; sıcaklık, koku, tat, pH, organik madde, nitrat, nitrit, amonyak ve sertlik tayinleri yönünden analiz edildi. Mikrobiyolojik olarak da örneklerde; toplam mezofilik aerob bakteri, koliform grubu bakteri sayısı ve fekal koliformların saptanması ile *E.coli* nin varlığı tespit edildi. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler, Muş şehir merkezi içme ve kullanma sularının hijyenik ve kimyasal kalitesi için kaynak oluşturdu.

4.2.1. Fiziksel, Duyusal ve Kimyasal Analizler

4.2.1.1. Suyun Sıcaklığı

Bu araştırmada, incelenen 52 adet su örneğinde sıcaklık değeri 11°C ile 19°C arasında ölçüldü. Ortalama sıcaklık değeri ise $15,21 \pm 2,880^\circ\text{C}$ olarak tespit edildi. Giresun’da yapılan bir çalışmada (Yıldız,2016), Mayıs-Eylül ayları arasında depo ve musluk sularından alınan toplam 151 örnekte sıcaklık derecesi 17,029 ile 21,308 arasında tespit edilmiştir.

4.2.1.2. Koku ve Tat

İncelenen 52 adet su örneğinin tat ve kokusu numune alım aşamasında duyu muayene ile incelenmiştir. İnceleme neticesinde tüm örneklerin renklerinin berrak, kokusuz olduğu görülmüş, tatlarında ise anormal bir duruma rastlanmamıştır. İlgili Yönetmelik’te (Resmi Gazete, 2013) içme ve kullanma sularının renksiz-berrak ve kokusuz olması gerektiği belirtilmiştir. Suda renk fazlalığı istenmemektedir. Çünkü bu durum suda çözünmüş halde bulunan Mangan, Krom, Demir, Nikel gibi metal iyonları ile organik bileşiklerin varlığını gösterir. Rengin fazlalığı bitkilerin bozuşması, toprak yapısı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucu olabilir (Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, 2022). Nacar’ın (2014), Kahramanmaraş Türkoğlu-Orçan Bölgesinde yer alan içme sularının kalitesini araştırdığı çalışmasına benzer olarak alınan tüm suların bulanık olmadığı ve renksiz olduğu gözlemlenmiştir.

4.2.1.3. pH

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’e göre (Resmi Gazete, 2013); içme ve kullanma sularında pH değerinin $\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$ pH birimleri arasında olmalıdır. Yapılan bu çalışmada, incelenen toplam 52 su örneğinin ortalama olarak pH değerinin $6,95 \pm 0,279$ olduğu ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’te (Resmi Gazete, 2013) bildirilen değerler arasında olduğu gözlemlendi. Meskenlerden alınan su örneklerinin ortalama değeri (pH $6,87 \pm 0,283$) ve halk çeşmelerinin ortalama değeri (pH $6,88 \pm 0,193$) arasında benzerlik gözlemlenirken, bu değerlerin resmi kurum sularının ortalama

değerlerinden ($\text{pH } 6,99 \pm 0,086 - 7,29 \pm 0,232$) nispeten düşük olduğu görüldü. Ancak, örneklerden elde edilen en az değerler göz önüne alındığında, 47 adet örneğin ilgili standarda uygun bulunurken, 5 adedinin ise ilgili standartta bildirilen değerden ($\text{pH } 6,5$) düşük olduğu gözlemlendi. Bu araştırmada pH ile ilgili elde edilen bulgular ($6,13 - 7,58$), Kahramanmaraş Türkoğlu-Orçan Bölgesi içme sularında pH değerlerini ortalama olarak $7,20 - 7,52$ arasında tespit eden Nacar (2014)'ın bulguları ile nispeten benzerdir. Ancak, Erzurum ilinde kapalı meskenlerden ve halk çeşmelerinden alınan su örneklerinde pH değerlerini ortalama olarak sırasıyla $\text{pH } 7,22$ ve $\text{pH } 7,23$ olarak saptayan Koçak (2007)'ın, ayrıca, Kocaeli ilinde 2019 yılında içme suyu kaynaklarının incelenmesi neticesinde incelenen su numunelerinde ortalama pH değerlerini $7,32 - 7,84$ arasında tespit eden Varol, (2019)'un, bulgularından düşük olmasıyla farklılık arz etmektedir. Bu durum, incelenen su örneklerinin farklı bölgelerden alınmış olmasına bağlanabilir.

4.2.1.4. Toplam Organik Madde

Organik madde miktarı tüm örneklerde ortalama olarak $1,15 \pm 0,919$ mg oksijen/lit olarak tespit edilmiştir. Kapalı meskenlerden alınan su numunelerin ortalama organik madde miktarı $1,19 \pm 1,117$ mg oksijen/lit, halk çeşmelerinin (şebeke, kaynak) $1,40 \pm 0,648 - 1,03 \pm 0,330$ mg oksijen/lit, resmi kurumların (şebeke, kaynak) ise $1,16 \pm 0,981 - 0,91 \pm 0,164$ mg oksijen/lit olduğu tespit edildi. Halk çeşmesi, resmi kurum ve meskenlere ait şebeke su örneklerindeki organik madde miktarının, kaynak sularındakinden nispeten daha yüksek olduğu gözlemlendi. Şöyle ki; araştırmada kullanılan şebeke sularının ($n=40$) ortalama organik madde miktarı $1,21 \pm 1,036$ mg oksijen/lit bulunurken, kaynak sularında ($n=12$) ortalama değer $0,95 \pm 0,223$ mg oksijen/lit olarak tespit edildi. Konu ile ilgili yapılan bir araştırmada (Anar ve Günşen, 2000), Bursa ilinde ilk ve orta dereceli öğrenim kurumlarından aldıkları 100 adet su örneğinde belirlenen organik madde miktarı ($1,13 \pm 0,055$ mg/lit), bu araştırma elde edilen bulgular ($1,15 \pm 0,919$ mg oksijen/lit) ile benzerdir.

4.2.1.5. Nitrit

Muş şehir merkezinin değişik noktalarından belirlenerek seçilmiş ev, halk çeşmeleri, resmi kurumlardan alınan 52 su örneği Diazo Reaktif kullanılarak nitritin varlığı yönünden

incelendi. Diazo reaktifi uygulanan hiç bir örnekte, pozitif reaksiyonu gösteren renk değişimi görülmedi. Dolayısıyla yapılan bu test sonucu, Muş şehir merkez sularının nitrit yönünden negatif olduğunu göstermektedir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte (Resmi Gazete 2013), nitritin içme-kullanma sularında en fazla “0,50 mg/l değerini aşmaması ve kullanılmış su arıtma işleminden sonra yine en fazla 0,1 mg/l değerinde” olması gerektiği bildirilmektedir. Araştırmada tespit edilen nitrit tespit edilmediğinden, incelenen suların ilgili Yönetmelik’e uygun olduğu bulundu. Ancak Anar ve Günşen (2000), Bursa ilinde ilk ve orta dereceli öğrenim kurumlarından aldıkları 100 adet su örneğinde %7,03 oranında nitrit tespit etmişlerdir. Erzurum şehir merkezinde su dağıtım şebekesinin değişik noktalarından tesadüfi olarak seçilmiş ev, halk çeşmeleri, marketler, gıda işletmeleri ve resmi kurumlardan toplanan 70 su numunesi üzerinde yapılan bir çalışmada (Koçak, 2007) ise, incelenen su örneklerinin nitrit değerlerinin 0,01-0,50 mg/l (ortalama 0,03 mg/l) arasında değiştiği, kapalı alanların ortalama nitrit değerleri 0,03 mg/l, halk çeşmelerinde ise 0,04 mg/l olarak belirlenmiştir. Yine, Aydın ilinde yapılan bir çalışmada (Atasoylu vd., 2006), Aydın ili Halk Sağlığı Laboratuvarında 2004 yılı itibari ile yapılan içme, kullanma ve memba sularının fiziksel, kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre, incelenen örneklerin % 5,8’inde nitrit saptanmıştır. Yukarıda belirtilen bu çalışmalarda nitrit ile ilgili elde edilen veriler, bu araştırmadaki bulgular ile örtüşmemektedir. Farklı bulgu muhtemelen, farklı birim ve farklı bölgelerden elde edilen su örneklerinin incelenmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

4.2.1.6. Nitrat

Araştırmada yapılan analiz sonucunda, incelenen 52 su örneğinde nitrat bulunmadığı tespit edildi. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte (Resmi Gazete, 2013), sulardaki nitratın “50 mg/l değerini aşmaması” gerektiği belirtilmektedir. Buna göre, Muş ili merkezinde tüketime sunulan içme ve kullanma sularının ilgili yönetmelik’ uygun olduğu söylenebilir. Konu ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada (Bilgin, 2003), Niğde ilinin farklı noktalarından alınan içme kullanma sularında nitrat miktarları 5,59 mg/l ile 13,63 mg/l arasında olduğu bildirilmektedir. Yine Erzurum ilinde yapılan bir araştırmada (Koçak, 2007), kapalı meskenlerden alınan su numunelerinin ortalama nitrat değeri 41,7 g/l, halk çeşmelerinde ise 47,2 mg/l olduğu belirtilmektedir.

4.2.1.7. Amonyak

Araştırmada incelenen 52 su örneğinde amonyak tespit edilmedi. Buna karşın, Anar ve Günşen ,(2000), inceledikleri 100 adet su örneğinin %3,13'ünde amonyak tespit edildiğini bildirmektedirler. Aydın ilinde yapılan çalışmada (Atasoylu vd., 2006) ise, incelenen örneklerin % 2,6'sında amonyak saptamışlardır. Yine, Kahramanmaraş ilinde yapılan bir çalışmada (Nacar, 2014), kaynak ve kuyu sularında nitrat konsantrasyonu ölçülmüştür. Sonuçta, incelenen toplam 96 adet numunede nitrat miktarı en yüksek 50,60 mg/l ile 50,91 mg/l olmak üzere iki köy su örneğinde bulunmuştur. Diğer artakalan örneklerin nitrat miktarının ise 50 mg/l'nin altında kaldığı görülmüştür. Genel olarak temiz olan sularda amonyak bulunmaz. Bazen derin kuyularda ve torflu topraklardan orijinini alan sularda organik parçalanma ürünü olmayan amonyak bulunabilir. Bu durumda, sularda amonyak miktarı litrede 100 mg kadar olabilmektedir. Buradaki amonyak bitkisel kaynaklı olup, hayvansal ve insan kaynaklı olanlar kadar tehlikeli değildir. Bu nedenle diğer kirlilik deney sonuçlarını da dikkate alarak özel durumlara göre amonyak bulunması değerlendirilmelidir. Organik maddelerin parçalanması ile oluşan amonyağın bulunması halinde, özellikle dışkı vb. maddelerin karıştığı bir belirtisi olarak kabul edilmektedir. Kaynak, içme ve kullanma sularında amonyak bulunmamalıdır.

4.2.1.8. Toplam Sertlik

Fransız sertlik derecesi cinsinden hesaplanan yapıldığı bu araştırmada incelenen toplam 52 su örneğinde sertlik derecesi en az 2,00 °FS, en çok 36,00 °FS ve ortalama olarak $7,49 \pm 5,277$ °FS değerinde tespit edildi. Kapalı meskenlerden alınan su örneklerinin ortalama sertlik derecesi $8,98 \pm 6,515$ °FS, halk çeşmelerinin (şebeke, kaynak) $6,10 \pm 1,677$ °FS ile $2,70 \pm 0,503$ °FS, resmi kurumların (şebeke, kaynak) ise $6,65 \pm 1,599$ °FS ile $6,20 \pm 3,076$ °FS olduğu tespit edildi. Meskenlerden alınan su örneklerinin ortalama sertlik derecesinin ($8,98 \pm 6,515$ °FS) halk çeşmeleri ve resmi kurumlardan yüksek olduğu gözlemlendi. Ayrıca, şebeke sularının (n=40) ortalama sertlik derecesi $8,23 \pm 5,607$ °FS bulunurken, kaynak sularında (n=12) ortalama değer $5,03 \pm 3,010$ °FS olarak tespit edildi. Görüldüğü gibi, araştırmada kullanılan şebeke sularının sertlik değeri, kaynak sularından nispeten yüksektir. Bu veriler değerlendirildiğinde, Muş ili merkez içme ve kullanma sularının “yumuşak veya tatlı su” sınıfına girdiği söylenebilir. Günümüze kadar,

Ülkemiz sularında sertlik derecesi üzerine yapılan çok sayıda araştırma söz konusudur. Patır vd., (1992), Elazığ il merkezi şehir şebeke suları ile, yöredeki kuyu, kaynak ve göl sularından elde ettikleri toplam 123 adet su örneğini analiz etmişler ve incelenen 27 adet içme ve kullanma sularında sertlik derecesi en az 17,6 °F, en çok 34,0 °F ve ortalama olarak $27.8 \pm 1,1$ °F değerlerinde bulmuşlardır. Koçak (2000) ise, Erzurum ilinde yaptığı araştırmada incelediği su numunelerinde sertlik değerlerinin 3,70-19,50 °F arasında değiştiğini ve ortalama $8,09 \pm 0,35$ °F olduğunu bildirmektedir. Bu bulguların ışığında, Erzurum şehir şebeke suyunun yumuşak sular sınıfında olduğunu vurgulamıştır. Yine Can (2000), Balıkesir yöresinde içme suyu olarak kullanılan kuyu sularının toplam sertlik değerini 3,40-12,0 °F, çeşme sularında ise 8,21-10,53 °F arasında saptamış ve kuyu suları ile çeşme suları arasında toplam sertlik bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğunu bildirmiştir. Atasoylu vd., (2006), Aydın ilinde 2004 yılı içinde incelenen 4410 içme ve kullanma sularının %25,8'inin ($n=39$) >50 °F değerinde bulunduğu ve bu suların ortalama sertlik değerinin ise $68,71 \pm 15,88$ °F olduğunu belirtmektedirler. Bu araştırmada sertlik derecesi ile ilgili elde edilen bulgular Koçak (2000) ve Can (2000)'nın bulguları ile örtüşürken, inceledikleri su örneklerinde ortalama sertlik değerlerini oldukça yüksek bildiren çalışmaların (Patır vd., 1992; Atasoylu vd., 2006) sonuçlarından farklıdır. Bulguların uyumsuzluğu, bölgelere bağlı olarak incelenen farklı materyale bağlanabilir.

4.2.2. Mikrobiyolojik Analizler

4.2.2.1. Toplam Mezofilik Aerob Bakteri

Bu çalışmada, ekimi yapılan su örneklerinin 22°C'de yapılan inkübasyon işlemi neticesinde, halk çeşmelerinden alınan su örneklerinde toplam mezofilik aerob bakterilerin ortalama sayısı $0,71 \pm 0,561 \log_{10}$ kob/mL, resmi kurumlarda $1,84 \pm 0,773 \log_{10}$ kob/mL, meskenlerde ise $1,69 \pm 0,812 \log_{10}$ kob/mL olarak tespit edildi. Resmi kurumlardan alınan numunelerin ihtiva ettiği toplam mezofilik aerob bakteri sayısı, halk çeşmeleri ve meskenler saptanan değerlerden fazla bulundu.

Çalışmada, ekimi yapılan su örneklerinin 37°C'de inkübe edilmesi sonucu, halk çeşmelerinden alınan su örneklerinde toplam mezofilik aerob bakterilerinin ortalama sayısı $0,62 \pm 1,203 \log_{10}$ kob/mL, resmi kurumlarda $1,52 \pm 1,039 \log_{10}$ kob/mL, meskenlerde ise

1,41±0,861 log₁₀ kob/mL olarak saptandı. Yine bu inkübasyon derecesinde de resmi kurumlardan alınan örneklerin içerdiği toplam mezofilik aerob bakteri sayısı, halk çeşmeleri ve meskenlerden elde edilen sayıdan fazla bulunduğu görüldü.

İncelenen 52 su örneğinde şebeke sularında (halk çeşmesi, resmi kurum, mesken) yapılan değerlendirmede 37°C'de inkübe edilmesi sonucu toplam mezofilik aerob bakteri sayısının ortalama değeri 1,29±0,911 log₁₀ kob/mL iken kaynak sularında ise bu değer 1,44±1,301 log₁₀ kob/mL bulundu. Buna göre, Muş şehir merkezinden alınan şebeke sularının ihtiva ettiği toplam mezofilik aerob bakteri sayısının, kaynak sularına göre yüksek olduğu söylenebilir.

İnkübasyon sonrası (22°C'de) halk çeşmesi (şebeke) sularının %100'ünde toplam mezofilik aerob bakteri sayısının 0,95 log₁₀ kob/mL'den az olduğu görüldü. Halk çeşmesi (kaynak) sularının ise %100'ünün 1,99 log₁₀ kob/mL den az toplam mezofilik aerob bakteri içerdiği bulundu. Resmi kurum şebeke sularının %12,5'i 3,0-3,99 log₁₀ kob/mL arasında, kaynak sularının ise %50'sinin 2,0-2,99 log₁₀ kob/mL arasında toplam mezofilik aerob bakteri içerdiği saptandı. Mesken (şebeke) sularında yalnızca %3,6'sının 3,0-3,99 log₁₀ kob/mL arasında toplam mezofilik aerob bakteri içerdiği tespit edildi.

Su örneklerinin 37°C'de inkübasyonunda, halk çeşmesi şebeke sularının %100'ü 0,95 log₁₀ kob/mL'den az toplam mezofilik aerob bakterilerini içerdiği görüldü. Halk çeşmesi kaynak sularının ise %75'inde (3 örnek) bakteri tespit edilemezken (<0 log₁₀ kob/mL), %25'inde (1 örnek) 3,0-3,99 log₁₀ kob/mL arasında mezofilik aerob bakteri saptandı.

Resmi kurum şebeke ve kaynak su örneklerinin %50'si 1,0-1,99 log₁₀ kob/mL arasında mezofil bakteri içerdiği tespit edildi. Meskenlerden alınan şebeke kaynaklı su örneklerinin %39,28'inin yine 1,0-1,99 log₁₀ kob/mL arasında bakteri bulundurduğu görüldü.

Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'e (Resmî Gazete, 2013) göre; içme suları için kaynaktan alınan numunede 22°C'de koloni sayısı maksimum 20/mL, 37°C'de ise 5/mL olacaktır. Buna göre tüm su örneklerinin içerdiği toplam mezofilik aerob bakteri sayısı bakımından genel bir değerlendirme yapıldığında; incelenen 52 adet su örneğinin 22°C ve 37°C inkübasyonunda sırasıyla %71'inin (n=37) ve

%69'unun (n=36) bahsi geçen standarda (Resmî Gazete, 2013) uygun olmadığı ortaya çıkmaktadır. Patır ve diğ., (1992), içme ve kullanma sularının %4'ünde 500'den fazla, kaynak sularının %36'sında 50'den fazla; kuyu sularının %17'sinde 0-100 arasında, %4'ünde ise 10.000'den fazla aerob genel canlı/mL belirlemişlerdir. Anar ve Günşen, (2000) ise, Bursa ilinde yaptıkları çalışmada, aldıkları toplam 100 adet içme ve kullanma su örneklerinde, toplam aerob bakteri sayısını en az 0 sayı/mL, en çok 600 sayı/mL ve ortalama $26,25 \pm 6,91$ sayı/mL miktarlarında saptamışlardır. Türkyılmaz ve Kaya (2003) da, inceledikleri içme suyu örneklerinin tamamının aerob genel canlı sayısı bakımından standartlara uygun olduğunu bildirmişlerdir. Koçak, (2007) ise, Erzurum ilinde yaptığı araştırmada, su şebekesine ait 70 adet örnekte toplam mezofilik aerob bakteri sayısının 0 ile 230,000 kob/mL arasında, (ortalama 11,601 kob/mL) olduğunu saptamışlardır. Yıldız, (2016), Giresun içme sularında toplam aerob bakteri sayısını ortalama 4,132 cfu/100mL, mezofilik aerob bakteri sayısını ise ortalama 4,356 cfu/100 mL olarak tespit etmiştir. Bildirilen bu çalışmalarda saptanan toplam mezofilik aerob bakteri sayıları göz önüne alındığında, bu araştırmada elde edilen bulgular bazı araştırmacıların (Anar ve Günşen, 2000; Yıldız, 2016) bulgularına nispeten benzer olmasına karşın, diğer araştırmacıların (Patır ve diğ.,1992; Türkyılmaz ve Kaya, 2003; Koçak, 2007), sonuçlarından oldukça düşük olmasıyla farklılık göstermektedir. Görülen bu farklılıkların, muhtemelen incelenen örneklerin farklı yörelerden toplanmalarına ve çevre koşullarından ileri geldiği söylenebilir.

4.2.2.2. Koliform

İncelenen 52 su örneğinden 22 (%42,31) tanesinde yapılan tahmin deneyinde herhangi bir gaz oluşumu gözlemlenmedi. Bu örnekler EMS tablosundan, 100 mL sudaki koliform bakterilerin en muhtemel sayısı <9 olarak değerlendirildi. Diğer 26 örneğin (%50) 9 - 240 KMS/100 mL arasında ve 4 örneğin (%7,69) ise 240 KMS/mL'den fazla koliform bakterilerini içerdiği tespit edildi.

İçme sularının bakteriyolojik parametre tanımları, T.C Sağlık Bakanlığı'nın, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği'nde belirtilmiştir (Resmi gazete,2013). Buna göre, içme sularının 100 mL'sinde koliform bakteri olmayacaktır. Yine, içme ve kullanma sularında toplam koliform, fekal streptokok, *E. coli* ve sülfid indirgeyen

anaerobların bulunmaması gerekmektedir. Çalışmada elde edilen bulgulara, incelenen numunelerin en az %57,69'unun koliform grubu bakteri yönünden ilgili standarda uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Konu ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda, Alishanlı ve diğ., (2007), Van merkezinde kuyu, kaynak/çeşme ve musluk sularından aldıkları örneklerin koliform grubu bakteriler yönünden standartlara uygun olmadığını tespit etmişlerdir. Avcı vd., (2006) Tokat ilinde inceledikleri su örneklerinin %12,7'sinde koliform bakterilerini saptadıklarını bildirmişlerdir. Erzurum ilinde yapılan çalışmada (Koçak, 2007), en muhtemel sayı tekniği kullanılmış ve su numunelerinin %12,85'inde koliform bakterisi saptanmıştır Alemdar vd., (2009), Bitlis merkezi musluk sularının %7'sinde koliform grubu bakteri belirlemişlerdir. Van ilinde gerçekleştirilen araştırmada (Erdoğan 2011), membran filtrasyon yöntemi kullanılmış ve numunelerin 49 tanesinde toplam koliform tespit edilmiştir. Sivas ilindeki çalışmada (Durak, 2015), 200 adet su örneğinin, 80 adedinde koliform bakteriye rastlanılmıştır. Bursa ilinde, artezyen kuyu suyu örneklerinde koliform, kontaminasyon oranı %72.8 (59/81) olarak saptanmıştır. Araştırmada, şebeke sularında ise koliform %12.6 (15/119) oranında belirlenmiştir (Muş ve Çetinkaya, 2017).

4.2.2.3. Fekal Koliform

Muş il merkezinden elde edilen sularda yapılan analizi sonucunda fekal koliform tespit edilememiştir. Bu açıdan örneklerin tamamının ilgili standarda (Resmi Gazete, 2013) uygun olduğu görülmüştür. Koçak (2007), Erzurum ilindeki çalışmasında, yalnızca bir kuyu suyundan beslenen halk çeşmesinde fekal koliform tespit etmiştir. Sivas ilindeki çalışmada 200 adet su örneğinin koliform bakteri oranı tüm örneklerde %40 olarak belirlenmiştir (Durak, 2015). Araştırma “TS EN ISO 9308-1 *Escherichia coli* ve Koliform Bakterilerin Tespiti ve Sayımı, “Membran Filtrasyon Yöntemi” ’ne göre çalışılmıştır.

4.2.2.4. *E.coli*

İlgili Yönetmeliğe (Resmi Gazete, 2013), göre içme ve kullanma sularına ait mikrobiyolojik kriterler tanımlanmıştır. Buna göre, içme ve kullanma sularında toplam koliform, fekal streptokok, *E. coli* ve sülfid indirgeyen anaerobların bulunmaması

gerekmektedir. Bu çalışmada, incelenen örneklerde *E.coli* tespit edilememiştir. Bu bakımdan, incelenen 52 örneğin tamamının adı geçen yönetmeliğe uygun olduğu görülmüştür. Sivas ilindeki çalışmada 200 adet su örneğinin *Escherichia coli* oranı %33 olarak belirlenmiştir (Durak, 2015). Alemdar vd, (2009), Bitlis ili musluk sularının %7'sinde *E.coli*'nin sayısal dağılımını 501-5000/100 mL aralığında belirlemişlerdir. Alişarlı vd., (2007), Van merkezde bulunan kuyu sularının %7'si, kaynak/çeşme sularının %13'ü; ilçelerdeki kuyu, kaynak/çeşme ve musluk sularının ise sırasıyla %24, %11 ve %1'i *E. coli* yönünden standartlara uygun bulunmamıştır. Kireççi vd., (2016), Kahramanmaraş iline ait 67 adet su numunesinin 53'ünde (%79) *Escherichia coli* ve diğer bakterileri izole etmişlerdir. Kireççi vd., (2006), 2006 yılında yapmış oldukları benzer bir araştırmada ise, Kars ve Sarıkamış askeri birliklerinde kullanılan içme/kullanma sularına ait 1469 adet örneğin %30'unda *E.coli* izole ettiklerini bildirmişlerdir. Bursa ili ve ilçelerinde çeşitli kaynaklardan temin edilen tüketim ve kullanım sularının mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada (Muş ve Çetinkaya, 2017), 119 şebeke ve 81 artezyen kuyu suyu olmak üzere, toplam 200 adet su örneği alınarak incelenmiştir. Artezyen kuyu suyu örneklerinde *E. coli* %48,1 (39/81) olarak saptanmıştır. Şebeke sularında ise *E.coli* ve enterokok kontaminasyonu %2,5 (3/119) belirlenmiştir. Belirtilen bu çalışmalardaki *E.coli* ile ilgili elde edilen bulgular bu araştırma bulguları ile bağdaşmamaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Muş ili içme ve kullanma sularında toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB), koliform, fekal koliform sayısı ile E.coli'nin varlığı tespit edildi. Ayrıca incelenen suların fiziksel, duyuşsal ve kimyasal parametreleri analiz edilerek “Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’e” uygunluğu yönünden değerlendirildi. Yapılan incelemede, TMAB sayısı 22°C’de inkübasyon sonucunda örneklerin %71’inin (n=37), 37°C inkübasyonda ise %69’unun (n=36) ilgili Yönetmeliğe uygun olmadığı belirlendi. Koliform grubu bakteri sayısı bakımından örneklerin %57,69’u yine adı geçen Yönetmeliğe uygun bulunmadı. İncelenen örneklerin hiçbirinde fekal koliform ve E.coli tespit edilmedi. Yapılan bu tez çalışmasıyla, su örneklerine ait sonuçlar ve sonuçlara ilişkin öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

1. Su analizi ile sağlığa uygunluğunun saptanması hem içme hem de kullanma suları için gerekmektedir. Muş şehrinde bu yönlü araştırmalar yapılmadığı görülmektedir. Araştırmaların sıklaşması bölgenin su kalitesi hakkındaki bilgilerin artmasını sağlayacaktır. İçme ve kullanma sularımızın özellikle hijyenik kalitesini artırarak sağlık şartlarının iyileştirilmesi, kaliteli bir yaşam için elzem sayılmaktadır.

2. Hala Dünyamızın pek çok bölgesinde Hepatit A ve sıtma ciddi bir sağlık problemi olarak önemini korumaktadır. Kullanılabilir su kalitesini artırmak ve sağlık şartlarının iyileştirilmesi ile bunları engellemek mümkün olacaktır.

3. Dolayısıyla bu durumun halk sağlığı açısından potansiyel bir risk olarak değerlendirilmesi ve bu riskleri önlemek için ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından patojen ya da sayıları yasal limitlerin üzerinde belirlenen bakterilerle kontamine suların, özellikle kuyu sularının, gerek içme ve gerekse diğer amaçlarla (yemek yapma, temizlik, gıdaların hazırlanması, vb.) kullanımının uygun olmadığına yönelik bilgilendirme çalışmalarının yürütülmesi gerekmektedir.

4. Uygun nitelikleri taşımayan içme ve kullanma suyu depolarının yerel yönetimlerce bakım ve onarımları sağlanarak, belirli aralıklarla sağlık açısından denetimleri yapılmalıdır. Özellikle su kesintilerinin sık yaşandığı bölgelerde su depoları zaman zaman kontaminasyon kaynağı olabilmektedir. Bu depolara yönelik durum tespit çalışmaları yapılarak, belirli aralıklarla kontrolleri sağlanmalı ve gerekli standartlar çerçevesinde bakım ve onarımlarının yapılması ve belirli aralıklarla doğru şekilde temizlenmesi sağlanmalıdır.

5. Kontrol kapsamında, sulardan örnek alma sıklıkları düzenli periyotlarla yapılmalıdır. Olağan koşullarda iki örnek arasındaki ay farkının 6 ay olması kirlilik durumunun daha doğru olarak değerlendirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, örneklerin suyun bakteriyolojik durumunu yıl boyunca doğru olarak yansıtabilecek sayıda alınması gerekmektedir.

6. İçme ve kullanma suları kaynaktan tüketicinin kullandığı noktaya kadar çeşitli nedenlerle kirlenebilmektedir. Eğer su boruları eskiyse çevreden boru içine sızma olabilmektedir. Dışarıdan şebekeye olabilecek bulaşmaların önlenmesi için su ve kanalizasyon borularının sağlam olması, rutin olarak bakımlarının yapılması, eskimiş boruların yenilenmesi gerekmektedir.

7. Araştırma sonuçları ve yukarıda açıklanan faktörler dikkate alındığında; su kaynaklarının sürekli olarak izlenmesi bununla birlikte yönetim planlarının yapılması, tespit edilen problemlerin çözümü veya en aza indirilmesi konusunda ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından ortak çalışmaların yürütülmesi, kalite kontrol ve klorlama işlemlerinin rutin olarak yapılmasının sağlanması ve ölçümlerinin yapılması halk sağlığı açısından büyük öneme sahiptir.

8. Sonuç olarak; bu çalışmada içme ve kullanma suları ile kaynak sularında fekal koliform bakteriler ve E. coli üremeleri görülmedi. Bu nedenle, Muş merkez içme, kullanma ve kaynak sularının halk sağlığı için yüksek derecede önem arz eden, ciddi risk oluşturacak seviyede olmadığı, kirlilik bulgularına rastlanmadığı tespit edildi. Ancak, incelenen su örneklerinin önemli bir kısmında, fekal bulaşmaya işaret eden koliform bakterilere rastlandı. Koliform grubu bakterilerle kontaminasyon oranı bazı su örneklerinde kabul edilebilir sınırların üzerinde çıktı. Bu grup bakteriler ile bulaş suların; içme-kullanma,

sebze ve meyvelerin yıkanmasında kullanılması durumunda, insanların patojen bakteriler ile enfekte olacağı bilinmelidir.

9. Oluşabilecek enfeksiyonları önlemek amacıyla klorlama ile dezenfeksiyon işleminin uygulanmadığı sular tüketilmemeli, içme ve kullanma suyu olarak tüketilen şebeke suları mutlaka klor ile etkin bir şekilde dezenfeksiyona tabii tutulmalıdır. Tüketiminde şüphe görülen sular, kullanmadan önce mutlaka kaynatılmalıdır.



KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S., Ekici, K., Alemdar, S., ve Dede S. (1999). Van ve yöresi kaynak sularının mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine araştırmalar. *Van Tıp Dergisi*, 6 (2), 30-33.
- Ağaoğlu, S., Alisharlı, M., Alemdar, S., ve Dede, S. (2007). Van bölgesi içme ve kullanma sularında nitrat ve nitrit düzeylerinin araştırılması. *YYÜ Veteriner Fak. Dergisi*, 18 (2), 17-24.
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L., ve Düzenli, S. (2000). *Çevre Kirliliği, Çevre Biyolojisi*. Ankara: Palme Yayıncılık. s.268.
- Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S., ve Alisharlı, M. (2009). Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, 19, 73, 29-38.
- Alim, A. (1995). Sivas İli ve İlçe Merkezlerinde İçme Sularının Bakteriyolojik Analizi. (Yüksek Lisans Tezi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Erciyes Üniversitesi, Kayseri).
- Alisharlı, M., Ağaoğlu, S., ve Alemdar, S. (2007). Van bölgesi içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik kalitesinin halk sağlığı yönünden incelenmesi. *YYÜ Veteriner Fak. Dergisi*, 18(1), 67-77.
- Anar, Ş., ve Günşen, U. (2000). Bursa il merkezindeki içme ve kullanma sularının hijyenik kalitesi. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 7(1), 31-33.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2010). Official Methods of Analysis, 20th ed. USA: Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Atasoylu, G., Okyay, P., Güney, N., Deniz, Y., Çobanoğlu, M., ve Beşer, E. (2006). Aydın ili halk sağlığı laboratuvarları 2004 yılı içme ve kullanma suyu analizleri. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 5(3), 187-195.
- Avcı, S., Bakıcı, M. Z., ve Erandaç, M. (2006). Tokat ilindeki içme sularının koliform bakteriler yönünden araştırılması. *C.Ü. Tıp Fakültesi Dergisi*, 28 (4), 107-112.
- Bilgin, M. (2003). Niğde İli İçme Sularının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Olarak İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde).
- Can, M. (2000). Balıkesir Yöresinde İçme Suyu Olarak Kullanılan Kuyu Suları ve Çeşme Sularının Fiziksel Kimyasal ve Mikrobiyolojik Olarak İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne).

Çavdar, G., Köroğlu, M., Ölmez, M., Özözen, Ş. E., ve Altındış, M. (2018). Hastane İçme ve kullanma sularının mikrobiyolojik analizi; Sakarya. *Online Turkish Journal of Health Sciences*, 7(3), 346-355.

Dedeakayoğulları, H., ve Önal. A. E. (2009). Çevre - insan sağlığı ilişkisi açısından su ve su analizinin önemi. *İst. Tıp Fakültesi Dergisi*, 72, 65-70.

Demir, S., Memiş, Ü., ve Özgür, N. (2010). Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularının kalitesinin izlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 174-186.

Demirer, M. A. (1995). Besin Hijyeni, Kısım I, Su Hijyeni. Ankara Üniv., Vet. Fak., Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.

Demirtaş, S. (1997). Sivas Yöresindeki Bazı Kuyu Sularında Koliform Bakteri Araştırılması ve Soyutlanan E.coli Kökenlerinin Antibiyotik Direnci. (Uzmanlık Bitirme Tezi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Sivas).

Devlet Su İşleri (DSİ). (2021). Su Kaynakları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2021 erişim: 10.03.2021, <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>.

Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi. (2022). İçme kullanma suyu parametrelerinde bulunan iyonların fazlalığının insan sağlığı üzerindeki etkileri erişim: 20.05.2023, dobisu.marmara.edu.tr/yararlı-bilgiler.

Dokuzlu, C. (2000). Gıda Analizleri. 2. Baskı, Bursa: Marmara Kitapevi.

Dunn, G., Henrich, N., Holmes, B., Harris, L., and Prystajecy, N. (2014). Microbial water quality communication: public and practitioner insights from British Columbia. *Journal of Water and Health*. 12(3), 584-595.

Durak, R., A., (2015). Sivas İli İçme ve Kullanma Sularında *Escherichia Coli* O157:H7 Suşu' nun Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas).

Ekici, K., Korkoca, H., Sancak, Y. C., ve Atalan, E. (2010). Van ve yöresi içme sularında koliform ve E. coli Araştırılması. *Uludağ Univ. J. Fac. Vet. Med.*, 29(2) , 21-25.

Erdoğan, N. (2011). Van İli ve Çevresindeki İçme ve Kullanma Sularında *Salmonella* Sp. ve *Shigella* Sp. Varlığının Tespiti. (Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van).

Erkman, N. G. (2011). Düzce İlindeki İçme ve Kullanma Sularının Durumunun Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Düzce).

Erol, İ. (2022). Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi. Genişletilmiş 2. Baskı, Ankara: Ankara Nobel Tıp Kitabevi. s.489.

Erol, İ. (2013). Su Hijyeni. Gıda hattı, erişim: 07.08.2023. <https://www.gidahatti.com/haber/11582555/profdrirfan-erol>.

Erol, O. (2014). Genel Klimatoloji, İstanbul: Çantay kitabevi. s.445.

Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., Burkhardt, W., Shellfish, M., and Water, B. (2002). Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. Bacteriological Analytical Manual (BAM), 13.

Fowler, J., Cohen, L., and Jarvis, P. (2013). Practical Statistics for Field Biology. Second Edition, New York: John Wiley and Sons Ltd. p.272.

Guillemin, F., Henry, P., Uwechue, N., and Monjour, L. (1991). Fecal contamination of rural water supply in sahelian area. *Wat. Res.*, 25, 923-927.

Güler, Ç., ve Çobanoğlu, Z. (1994). Su Kirliliği. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Birinci Baskı, Ankara: Aydoğdu Ofset.

Güner, A. E. (2021). İstanbul ilinde 2017 yılı içme ve kullanma sularının değerlendirilmesi. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*. 6(2),130-137.

Harrigan, W. F. (1998). Laboratory Methods in Food Microbiology. 3 rd Edition, London: Academic Press.

Hitchins, A. D., Feng, P., Vatkis W. D., Rippey, S. C., and Chandler, L. A. (1998). *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. In, "Bacteriological Analytical Manual" 8. Edition, Revision A, Published and Distributed by AOAC International.

Irmak, H. (2008). Sularla ilişkili hastalıklar. Sağlık Bakanlığı, Yayın No: 727 s. 8-10.

Kireççi, E., Uğuz, M. T., ve Aral, M. (2016). Kahramanmaraş ilindeki içme, kullanma ve çevresel suların mikrobiyolojik niteliğinin membran filtrasyon sistemi ile belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.* 20(1), 20-24.

Koçak, Ö. (2007). Erzurum İl Merkezindeki İçme ve Kullanma Sularının Kimyasal, Fiziksel ve Mikrobiyolojik Kalitesi. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya).

Koçer, Y. (2021). Şanlıurfa Bölgesinde Tüketilen Ambalajlı Suların Kalitesinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa).

Kuştul, S. (2022). Rize Genelindeki İçme ve Kullanma Sularından İzole Edilen *Escherichia Coli* Suşlarında Antibiyotik Direncin Moleküler Karakterizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Rize).

Maturin, L. J., and Peeler, J. T. (2019). Aerobic plate count. In: Bacteriological Analytical Manual, Chapter 3, 2001 erişim: 09.05.2023. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacterial-plate-count/>.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2010). Gıdadaki Suyun Özellikleri. Gıda Teknolojisi, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.

Millî Eğitim Bakanlığı, (MEB). (2011). Suların Analiz Parametreleri. Çevre Sağlığı, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.

Millî Eğitim Bakanlığı, (MEB). (2016). Gıda Teknolojisi-Su. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, s. 60 .

Muş, T., ve Çetinkaya, F. (2017). Bursa’da içme ve kullanma sularında indikatör ve bazı patojen bakterilerin varlığının araştırılması. *Toprak Su Dergisi*, 6 (1), 1-6.

Nacar, H. S. (2014). Kahramanmaraş Türkoğlu Orçan Bölgesi İçme Sularının Kalitesinin Araştırılması.(Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş).

Ochoo, B., Valcour, J., and Sarkar, A. (2017). Association between perceptions of public drinking water quality and actual drinking water quality: A community-based exploratory study in Newfoundland (Canada). *Environmental Research*, 159, 435-443.

Patır, B., Güven, A. M., ve Arslan A. (1992). Elazığ bölgesi içme ve kullanma, kaynak, kuyu ve göl sularının hijyenik kaliteleri üzerinde araştırmalar. *FÜ Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6 (1-2), 127-134.

Pehlivan, E. (2011). Su ve Hijyen. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, s. 45-50, 132.

Poulsen, L. L., Bisgaard, M., Son, N. T., Trung, N. V., An, H. M., and Dalsgaard, A. (2012). *Enterococcus faecalis* Clones in Poultry and in Humans with Urinary Tract Infections, Vietnam. *Emerging Infectious Diseases Journal*. 18(7),1096-1100.

Resmi Gazete. (2013). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. *Resmi Gazete*, s. 28580.

Rıfaat, E. A. (2014). Halk Sağlığı Açısından İçme ve Kullanma Sularının Koliform ve Fekal Koliform Kontaminasyonunun Klasik ve Mass Spektrometre Yöntemleriyle İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul).

Sağlam, M. T. ve Bellitürk, K. (2003). Su kirliliği ve toprak üzerine etkisi. *Alatırım Dergisi*, 2 (1), 46-49.

Shafi, S., Kamili, A. N., Shah, M. A., Parray, J. A., and Bandh, S. A. (2017). Aquatic bacterial diversity: Magnitude, dynamics, and controlling. *Microbial Pathogenesis*. 104, 39-47.

Smoot, L. M., and Pierson, M. D. (1997). Indicator Microorganisms and Microbiological Criteria. In: "Food Microbiology Fundamentals and Frontiers". American Society of Microbiology, 66-80. USA,

Şener, S., Gedikoğlu, İ., Bilgin, N., Güngör, H., ve Üstün, H. (1994). Çeşitli Etkenlerle Kirlenen Sulama Sularının Toprak Özelliklerine ve Bitki Verimine Etkisi. T.C. Başbakanlık K.H.G.M. APK Dairesi Başk., Yayın No: 80, Ankara.

Tekinşen, O. C. (1976). Suyun Bakteriyolojik Muayenesi. Ankara Üniv., Vet Fak., Yayın No: 324, Ankara: A.Ü. Basımevi. s. 109.

Terzi, Ö., ve Dündar, C. (2020). Ülkemizde son 10 yılda içme ve kullanma suyu ile ilişkili üretilen tezlerin niteliksel değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 77(EK4: Su ve Sağlık), 211-218.

Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi (TİSKİ). (2023). Suyun Canlılar İçin Önemi. Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, 2023. erişim: 12.05.2023 <https://www.tiski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=42>.

Tolgay, Z. ve Tetik, İ. (1964). Muhtasar Gıda Kontrolü ve Analizleri Klavuzu. XIII + 449 s. Ankara: Ege Matbaası.

Topbaş, M. T., Brohi, A. R., ve Karaman. M. R., (1998). Çevre Kirliliği., Ankara: T.C Çevre Bakanlığı Yayınları.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (1996). Mikrobiyoloji - Muhtemel Escherichia coli Sayımı İçin Genel Kurallar -En Muhtemel Sayı Tekniği. TS 6063, ISO 7251/Nisan 1996, TSE, Ankara.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2005). Sular - İnsanî Tüketim Amaçlı Sular. TS. 266, ICS 13.060.20, TSE, Ankara.

Türkyılmaz, S., ve Kaya, O. (2003). Aydın'da tüketilen içme sularının toplam bakteri ve koliform grubu bakteriler yönünden incelenmesi. *Pendik Vet. Mikrobiyol. Derg.*, 34(1-2), 27-31.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (2018). Regulated Drinking Water Contaminants: Inorganic Chemicals. erişim: 07.08.2023 <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/table-regulated-drinking-water-contaminants>.

Uslu, O., ve Türkman, A. (1987). Su Kirliliği ve Kontrolü 364 s. Ankara: T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd. Yayınları.

Varol, S. (2019). Kocaeli İlindeki İçme Suyu Kaynak Sularının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir).

Velicangil, S. (1980). Hekimler, Sanayi (iş) Hekimleri, Diş Hekimleri, Eczacılar ve Sağlık (Çevre) Mühendisleri için-Koruyucu ve Sosyal Tıp, İstanbul: Filiz Kitabevi. s. 752.

World Health Organization (WHO). (1978). Nitrates, Nitrites and N-nitroso Compound. WHO, Geneva.

World Health Organization (WHO). (2011). The Guidelines for Drinking-Water Quality, Fourth edition, WHO, India.

Yıldız, N. E. (2016). Giresun İçme Suları Bakteriyolojik Kalitesinin Belirlenmesi, 67s. (Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun,).

