



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ OVASI TARIMSAL YÜZEY SU
KAYNAKLARININ MİKROBİYOLOJİK
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Tuba KARAKOYUN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı

Ocak-2021
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ OVASI TARIMSAL YÜZEY SU
KAYNAKLARININ MİKROBİYOLOJİK
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Tuba KARAKOYUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr Murad Aydın ŞANDA
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ

Ocak-2021
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Tuba KARAKOYUN tarafından hazırlanan “Muş Ovası Tarımsal Yüzey Su Kaynaklarının Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA
Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik

.....

Üye

Doç. Dr. Hanifi KÖRKOCA
Muş Alparslan Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi
Hemşirelik

.....

Üye

Doç. Dr. Aziz AKSOY
Malatya Turgut Özal Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Biyomühendislik

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ
Muş Alparslan Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Gıda Mühendisliği

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Harun ÖNLÜ
Muş Alparslan Üniversitesi
Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Gıda İşleme

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Sedat Bozarı
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Muş Alparslan Üniversitesi BAP tarafından BAP-20-FEF-4902-05 nolu proje ile desteklenmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ bu tez çalışmasının ikinci danışmanıdır.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Tuba KARAKOYUN

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUŞ OVASI TARIMSAL YÜZEY SU KAYNAKLARININ MİKROBİYOLOJİK KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Tuba KARAKOYUN

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ**

Tarımsal sular üretilen sebze ve meyveler için kontaminasyon kaynağı olabilmektedir. Tüketicieye sağlıklı ve güvenilir ürünler sunabilmek için tarımsal su kaynaklarının mikrobiyolojik kalitesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı Muş Ovası tarımsal yüzey su kaynaklarının mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesidir. Tarım sezonu sırasında, daha öncesinden belirlenen dört farklı yüzey su kaynağının fiziksel (hava sıcaklığı, su sıcaklığı, pH, iletkenlik) ve mikrobiyolojik analizleri (total koliform, fekal koliform, *Escherichia coli*, *Salmonella*) incelenmiştir. Mikrobiyolojik indikatör mikroorganizmaların popülasyonu 100 mL su örneği için En Muhtemel Sayı (EMS/100 mL) yöntemi ile belirlenmiştir. 100 mL su örneği içindeki *Salmonella* varlığında olası kolonilerin izolasyonu sonrası *InvA* gen bölgesinin tespitiyle onaylanmıştır. Toplam Koliform popülasyonu dört sulama kaynağında $>2.96 \log$ EMS/100 mL üzerine çıkarak en yüksek değerleri göstermiştir. En yüksek *E. coli* varlığı Karasu Çayında gözlenmiştir. İki tane Karasu Çayı (K), bir tane Gölet Yurt (GY) olmak üzere toplam üç su örneğinde *Salmonella* varlığı pozitif olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, örnekleme yapılan Muş Ovası tarımsal suların patojen bakteriler içerebileceği ve üretilen sebze ve meyveler için kontaminasyon kaynağı olabileceği tespit edilmiştir.

2021, 55 Sayfa

Anahtar Kelimeler: *Escherichia coli*, İndikatör mikroorganizma, Patojen bakteri, *Salmonella*, Tarımsal sulama suyu

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF AGRICULTURAL SURFACE WATER SOURCES IN MUS PLAIN

Tuba KARAKOYUN

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Biology**

Advisor: Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA

Co-Advisor: Assistant Professor Dr. Zeynal TOPALCENGİZ

Agricultural waters may be a source of contamination for produce. The microbiological quality of agricultural water resources is important in order to produce healthy and reliable products for consumers. The purpose of this study was to determine microbiological quality of agricultural surface water sources in Muş plain. Physical (air temperature, water temperature, pH, conductivity) and microbiological analyses (total coliform, fecal coliform, *Escherichia coli*, *Salmonella*) were examined for previously determined four different agricultural surface water resources during the agricultural season. The population of microbiological indicators was analyzed with Most Probable Number in 100 mL water samples (MPN/100 mL). The presence of *Salmonella* was also determined in 100 mL water samples with confirmation of *InvA* gene after isolation of presumptive colonies. Total Coliform population was the highest values among all microbiological indicators reaching $>2.96 \log$ MPN/100 mL. The highest *E. coli* population was observed in Karasu Stream. The presence of *Salmonella* was found to be positive in a total of three water samples, two of which were Karasu Stream (K) and one was Pond Yurt (GY). Based on these results, waters collected samples from Mus Plain may contain pathogenic bacteria and could be a source of contamination for the vegetables and fruits produced.

2021, 55 Pages

Keywords: *Escherichia coli*, Indicator microorganism, Pathogenic bacteria, *Salmonella*, Agricultural water,

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam boyunca ilgisini ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA`ya ve böyle önemli bir konuyu bana tavsiye eden ve bu süreçte fikirleri ve önerileriyle bana yol gösteren ikinci danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ`e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecimde beni her zaman destekleyen sevgili eşim Erkan KARAKOYUN`a ve bu süreçte zaman zaman ihmal ettiğim fakat her daim motivasyon kaynağım olan sevgili çocuklarım Halis Emre ve Elif Betül`e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamı, BAP-20-FEF-4902-05 nolu proje ile maddi olarak destekleyen Muş Alparslan Üniversitesi BAP birimine de teşekkür ederim.

Son olarakta yaptığımız herşeyin arkasında durarak bizlere cesaret ve güven veren, bu günlere gelmemizin en önemli kişileri olan annem ve babama minnetlerimi sunarım.

Tuba KARAKOYUN
MUŞ-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1 Tarımsal Sular.....	3
2.1.1 Tarımsal suların mikrobiyolojik kalitesi.....	7
2.1.2 Tarımsal sulardaki indikatör mikroorganizmalar.....	10
2.1.3 Tarımsal sulardaki patojen mikroorganizmalar.....	12
2.1.4 Tarımsal sularda <i>Salmonella</i> varlığı.....	12
2.1.5 Tarımsal sularda patojen ve indikatör mikroorganizma ilişkileri.....	13
2.2 Tarımsal Sularda Mikroorganizmaların Canlı Kalması ve Zamansal Değişimi.....	14
2.3 Patojenlerin Bitkilerle Etkileşimi.....	16
2.3.1 Patojenlerin bitkilere geçiş yolları.....	16
2.3.2 Patojenlerin bitkilere bağlanması.....	18
2.3.3 Konsantrasyon etkisi.....	18
2.4 Tarımsal Sularda Ürün Kirliliği ve Yönetimi.....	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	22
3.1 Su Numunelerinin Toplanması.....	22
3.2 Mikrobiyolojik Analiz.....	23
3.2.1 İndikatör mikroorganizma popülasyonlarının belirlenmesi.....	23
3.2.2 <i>Salmonella</i> varlığının belirlenmesi.....	25

3.2.2.1 Zenginleştirme.....	25
3.2.2.2 PZR analizi.....	25
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....	27
4.1 Araştırma Sonuçları	27
4.1.1 Suyun fiziksel analiz sonuçları	27
4.1.2 Mikrobiyolojik analiz sonuçları	30
4.1.3 <i>Salmonella</i> Analiz Sonuçları.....	32
4.2 Tartışma.....	33
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	38
KAYNAKLAR	39
EKLER	47
ÖZGEÇMİŞ.....	55

KISALTMALAR

Kısaltmalar

ASM	: Amerikan Mikrobiyoloji Derneği
BGLB	: Brilliant green lactose broth
EC Medium	: <i>Escherichia coli</i> medium
EMB	: Eosin Methylene Blue
FDA	: Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
LB	: Lactose broth
LIA	: Lysine Iron Agar
LTB	: Lauryl tryptose (lactose) broth
EMS	: En Muhtemel Sayı metodolojisi
SMAC	: Sorbitol MacConkey
TSB	: Tryptic Soy Broth
TSI	: Triple Sugar Iron Agar
TTB	: Tetrathionate brotha
XLD	: Xylose-Lysine-Tergitol

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Örneklemenin yapıldığı tarımsal su kaynakları.	23
Şekil 2. Dört Yüzey Su Kaynağından Elde Edilen: Hava Sıcaklığı ve Su Sıcaklığı	28
Şekil 3. Dört Yüzey Su Kaynağından Elde Edilen: pH ve İletkenlik dağılımı	29
Şekil 4. Dört Yüzey Su Kaynağının Orta Noktası Kabul Edilen Karasu İçin: Solar Radyasyon ve Bağlı Nem	30
Şekil 5. En Muhtemel Sayı Analizine Göre Dört Yüzey Su Kaynağından Elde Edilen: Toplam Koliform, Fekal Koliform ve <i>E. coli</i>	31
Şekil 6. Muhtemel <i>Salmonella</i> izolatlarının <i>invA</i> (678 bp Amplikon) için elde edilen jel görüntüsü. Ladder: 1000 bp DNA standardı.	32

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun giderek çoğalması ile artan gıda talebini karşılamak için üretim endüstrisinde büyük artışlar meydana gelmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki tarımsal üretim artışının 2000-2030 yılları arasında %67'ye çıkabileceği Birleşmiş Milletler raporunda belirtilmiştir. Fakat, eldeki veriler ile oranın %14 oranında kalacağı öngörülmektedir. Bunun sonucunda daha az su tüketerek daha fazla tarımsal ürün üretmek kaçınılmaz olacaktır (Aküzüm ve ark., 2010). Su tüketiminde meydana gelen artış su kaynaklarındaki azalmalara neden olmuştur ve bu nedenle kaliteli su kaynaklarının varlığı büyük önem taşımaktadır. Herhangi bir nedenden dolayı su kalitesinde meydana gelen bozulma, tarımsal üretimde ciddi sorunlara neden olabilmektedir. Kontamine olmuş meyve ve sebzelerden kaynaklanan hastalık vakalarının artması, tarımsal üretim aşamalarının incelenmesine dikkat çekmiştir ve üretim aşamasında kullanım alanı en fazla olan tarımsal sulama suyunun mikrobiyal kalitesi ile ilgili yapılan araştırmaların artmasına neden olmuştur.

Tarımsal sulama için kullanılan çeşitli su kaynakları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları dereler, göller, nehirler gibi yüzey su kaynakları, arıtılmış atık sular, sulama amaçlı kullanılan su kuyuları ve su kanallarıdır. Bu su kaynaklarının içerisindeki patojen seviyelerini azaltmak için dezenfekte edilmeden tarımsal sulamada kullanılması tarım ürünlerinin kontamine olmasına neden olabilir. Patojenler tarımsal sularda uzun süre hayatta kalabilir ve meyve ve sebzeleri kontamine edebilir (Topalcengiz ve ark., 2019; Topalcengiz ve Danyluk, 2019). Su kaynaklarında bulunabilecek patojen mikroorganizmalar *Campylobacter* sp., *Escherichia coli* (*E. coli* O157:H7), *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Yersinia enterocolitica*, *Cryptosporidium* sp., *Cyclospora cayatanensis*, *Giardia* sp., *Entamoeba histolytica*, *Ascaris* sp. ve özellikle virüsler, adenovirüsler, enterovirüsler, norovirüsler ve rotavirüslerdir (Warriner ve ark., 2009). Bu patojenlerin su kaynaklarında tespit edilmesindeki zorluklar nedeni ile su kalitesini belirlemek için indikatör mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Başlıca indikatör mikroorganizmalar toplam koliform, fekal koliform, *E. coli*, fekal streptokok ve nematod yumurta sayımları sulama suyu kalitesini belirlemek için en sık kullanılan mikrobiyal göstergelerdir (EPA., 1973; Barrell ve ark., 2000; Blumenthal ve ark., 2000).

Tarımsal suların doğrudan gıda kaynaklı hastalık salgınlarının nedeni olabileceğine dair kanıtlar nadirdir fakat son dönemlerde yapılan çalışmalarda birçok gıda salgını tarımsal sular ile ilişkilendirilmiştir. Üretimden kaynaklı hastalıklar Amerika Birleşik Devletleri'ne yıllık 39 milyar dolara yaklaşan bir kayba sebep olmaktadır (Scharff, 2009). Tarım ürünlerinin birçoğu herhangi bir antimikrobiyal işleme tabi tutulmadan minimum işlenmiş olarak veya çiğ halde tüketilir. Domatesler ve yeşil yapraklı ürünler genellikle çiğ tüketildikleri için yüksek riskli ürünlerdir. Greene ve ark. (2008), domates kaynaklı çok kademeli bir salgına neden olan *Salmonella newport*'u, domateslerin sulanmasında kullanılan gölet suyundan izole etmişlerdir. Taze ürün kaynaklı salgınlar, tüketilmeden önce az işlem görmüş veya herhangi bir işleme tabi tutulmadan çiğ olarak tüketilen ürünlerle ilgili potansiyel kontaminasyon kaynaklarının araştırılmasına neden olmuştur. Yapılan sörveyans çalışmalarıdaki gelişmeler, araştırmacıların salgınların kaynağını daha iyi izlemelerine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, epidemiyolojik vaka çalışmaları sırasında gıda ürünleri ile ilgili geri izleme prosedürlerinde bazı zorluklar olabilir. Ürünün türüne bağlı olarak hasat ve tüketim arasındaki süre çok kısa olabilir. Dağıtım sisteminin karmaşıklığı, kısa raf ömrü, tüketici istismarı, taze ürünlerle ilgili salgınların tanınması, araştırılması ve izlenmesi için gereken süreyi arttırmaktadır (Topalcengiz, 2017).

Yaptığımız bu çalışmada Muş Ovasında tarım sezonu sırasında kullanılan yüzey su kaynaklarının fiziksel koşulları da dikkate alınarak sudaki toplam koliform, fekal koliform, *E. coli* değerleri ve *Salmonella* varlığına dayalı tarımsal suların mikrobiyal kalitesi incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Tarımsal Sular

Üretim endüstrisinde, kontamine olmamış ve devamlılığın sağlandığı su kaynaklarının varlığı, tüketicilerin güvenli ürünlere ulaşabilmesi için oldukça önemlidir. Sebze ve meyve üretim endüstrisinde bol miktarda suya ihtiyaç duyulur ve ilk olarak kullanılan su tüketimi, tarlada bitkilerin üretimi sırasında meydana gelir. Sulama amaçlı ve daha sonraki bütün aşamalarda tarımsal faaliyetler için kullanılan sular tarımsal su olarak tanımlanır. Tarımsal su, sulama, dona karşı koruma, gübreleme ve böcek ilacı uygulaması, mahsul soğutma, ekipman temizliği ve tuzun topraktan uzaklaştırılması gibi tüm tarımsal amaçlarla kullanılabilir (FDA, 1998). Tarımsal su kaynağı, bölgedeki doğal kaynakların varlığına ve su dağıtım kanallarının durumuna bağlı olarak çiftçiler için değişebilir. Su, tek kaynaktan temin edilebildiği gibi birden fazla kaynaktan da elde edilebilir. Tarımsal su kaynakları arasında yeraltı suları, yüzey suları ve arıtılmış insan atık suları bulunur. Bu kaynaklar kullanıldıkları yerlere göre çeşitli şekillerde gruplandırılabilir. Sulama suyu kaynakları, mikrobiyal kirlenme tehlikesi azdan çoğa doğru şu şekilde sıralanabilir; içme suyu veya yağmur suyu, derin kuyulu yer altı suyu, sığ kuyulu yer altı suyu, yüzey suyu ve son olarak ham veya yetersiz arıtılmış atık sudur (Leifert ve ark., 2008).

Yeraltı suyu, yeryüzünün altındaki akiferlerde bulunur ve genel olarak mikrobiyal açıdan yüksek kaliteye sahiptir. Fakat yeraltı suları, meydana gelen akıntılarla veya atık suların karışması ile kontamine olabilir. Ayrıca virüslerin çok küçük boyutlarda olması ve hayatta kalma yeteneklerinin yüksek olmasından dolayı yer altı sularına karışması daha sık meydana gelmektedir (Gerba ve Rock, 2014). Patojen mikroorganizmalar da toprakta açılan kuyular vasıtası ile doğrudan yeraltı suyunu kontamine edebilir. Örneğin, *Escherichia coli* O157: H7' nin neden olduğu çok kademeli bir salgında, sulama için kullanılan yer altı suyunun kontamine olduğu bulunmuştur (CalFERT, 2007).

Yüzey suyu havuzlar, göller, nehirler ve dereler gibi çeşitli tatlı su kaynaklarını içerir. Birçok ülkede, yüzey suları sulama için en yaygın şekilde kullanılan kaynaklardır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada sulama için yüzey suyu kullanan çiftliklerin sayısının arttığı ve yüzey suyu kullanan çiftliklerin yer altı suyu kullanan çiftliklere göre daha fazla su tükettiği tespit edilmiştir (USDA-NASS, 2008). Yüzey suyu kaynakları çok fazla kullanılmasına rağmen, kontamine olma açısından diğer

su kaynaklarına göre çok daha hassastır. Çünkü insanların neden olduğu kirlilik kaynakları, hayvan aktiviteleri, hava olayları ve diğer çevresel faktörlerle doğrudan etkileşim halindedir.

Atık su, insan kanalizasyonuna ait sulardır. Mevcut su kaynaklarını arttırmak açısından atık sular önemli bir katkı sağlayabilir ancak uygun şekilde arıtılmamış atık su yüksek düzeyde gıda kaynaklı patojenler içerebilir. Arıtılmış atık sular, en düşük su kalitesine sahip sulardır ve kullanımında bazı sınırlamalar getirilmiştir. Amerika Birleşik Devleti'nin Florida eyaletinde soyulması, pişirilmesi veya termal olarak işlenmesi gereken mahsullerin arıtılmış atık su ile doğrudan sulanmasına izin verilirken, çığ tüketilmesi muhtemel tarım ürünlerinin sulanmasında kullanılmasına izin verilmemektedir (FAC, 2011).

Tarımsal suyun kontaminasyonunda birçok önemli faktör vardır. Bunlardan bazıları; tarlanın toprak yapısı, sulama suyu çeşidi, vahşi hayvanların varlığı, etraftaki hayvan çiftlikleri ve yapılan hayvansal kaynaklı gübreleme uygulamaları olarak sıralanabilir. Bu faktörler arasında sebze, meyve üretiminde çok sık kullanıldığı için gübre oldukça önemli bir kontaminasyon kaynağı olabilir. Gübre formundaki hayvansal atıklar, tarımsal araziler için kullanılan ve çevresel açıdan sürdürülebilir en ekonomik geri dönüşüm kaynağıdır ayrıca gübre yararlı değerlere (azot-fosfat potasyum) sahiptir ve toprak kalitesini ve verimliliğini korumaya yardımcı olabilir. Bununla birlikte, hayvan gübreleri sıklıkla enterik patojenik mikroorganizmalar da içerir ve tarlalarda uygulaması sonucunda patojen girişine yol açabilir (Pell, 1997). Bu nedenle, tarımsal alanlarda kullanılan hayvansal atıklar içeren gübrelerdeki patojen seviyelerinin kontrol edilmesi, yetiştirilen ürünlerin patojenlerle kontamine olmasını azaltmaya yardımcı olur. Gübre bariz bir patojen kaynağı olmasına rağmen, toprağı, suyu, mahsulleri, hayvanları ve insanları kontamine eden asıl kaynaklar gübre içeren tarlalar ve gübre karışmış sulama sularıdır (Gagliardi ve Karns, 2002). Enfeksiyon salgınlarının birçoğu, doğrudan veya dolaylı olarak hayvan gübresiyle kontamine olmuş su veya işlenmiş meyve ve sebzelerin de dahil olduğu yiyeceklerle ilişkilendirilmiştir (Van Beneden ve ark., 1999). Çiftliklerde uygun olmayan şekillerde elde edilmiş gübre kullanımı ve ürünlerin gübre ile çapraz kontaminasyonu, hasat öncesi patojen kaynağı olabilir.

Hayvanlar, gübreleme tesisleri, böcekler, hava yoluyla taşınan partiküller ve tozlar patojenlerin kaynağı olarak bilinmesine rağmen bunlarda ki *E. coli* ve *Salmonella*

bakterilerinin miktarı, emisyon oranları, taşınımı, hayatta kalması ve partiküllerinin depolanması tam olarak ölçülememiştir (Duan ve ark., 2008). Böcekler hastalığa neden olan patojenleri barındırabilirler, taşıyabilirler ve bitkilere ve hayvanlara fiziksel temasla veya dışkılarıyla bulaştırabilirler (Mitchell ve Hanks, 2009). Bu tür taşınma ile ilgili bilgiler çok sınırlıdır, ancak yeşil yapraklı tarım ürünlerinin kontaminasyonu için olası taşıyıcılar arasında tanımlanmıştır (Talley ve ark., 2009). Ayrıca yaban hayatı ve kuşlar da sulama suyunun kirlenmesine katkıda bulunabilir. Kuşların, New York'taki yüzey sularının fekal kontaminasyonuna neden olabileceği gösterilmiştir (Alderisio ve DeLuca, 1999).

Sulama suyunda bulunan patojenler sadece meyve ve sebzeleri kontamine etmekle kalmayıp, insanlarda da hastalığa neden olabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Atık su ile sulama yapan bölgelerde araştırmalar yapılmıştır. Atık suyun kullanımdan önce hiç işlem görmediği veya çok az işlem gördüğü durumda gözlenen hastalık vakaları daha fazla sayıda olmuştur. Meksika'da yapılan geniş bir çalışmada, sulama için sadece arıtılmamış atık su, sadece arıtılmış atık su ve sadece yağmur suyu kullanarak sulama yapan ailelerin ishal hastalığı ve *Ascaris lumbricoides* enfeksiyon oranları, sulama suyunun mikrobiyal kalitesi dikkate alınarak karşılaştırmıştır (Cifuentes, 1998). İshal ve *A. lumbricoides* enfeksiyon oranları, sadece arıtılmamış atık su ile sulama yapan ailelerde, sadece yağmur suyu kullanarak sulama yapan hanelere göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Arıtılmış atık su ile sulama yapan ailelerde ise ishal görülmemiş, bu da suyun mikrobiyal kalitesindeki düzelmenin hastalığın bulaşmasını önlemek için yeterli olduğunu düşündürmüştür (Cifuentes, 1998).

Tarımsal suların doğrudan gıda kaynaklı salgınlara neden olduğuna dair kanıtlar nadirdir. Pachepsky ve ark.(2011), yaptıkları bir araştırmada, kanıtlanmış vakalarla yüzey sulama suyunu patojen kontaminasyon kaynağı olarak göstermişlerdir. Domateslerin sulanmasında kullanılan gölet suyundan izole edilen *Salmonella newport*, çok kademeli bir salgına yol açmıştır (Greene ve ark., 2008). Kontamine ıspanak tüketimi nedeniyle meydana gelen çok aşamalı bir *E. coli* O157: H7 salgınında, onaylanmış vakalar ve ölümler meydana gelmiştir (FDA, 2007). Salgın sonrası yapılan araştırmalarda *E. coli* O157: H7' nin ıspanağı nasıl kontamine ettiği konusunda kesin bir tespit yapılamamış ancak sulama için kullanılan kuyular incelendiğinde suların kontaminasyona neden olduğu sonucuna varılmıştır (CalFERT, 2007). Salgın suşu nehre yakın olan bölgelerdeki sığır ve yabani domuz dışkısında bulunmuştur. Sulama mevsimi

boyunca kuyudaki su seviyesinde meydana gelen azalma sonucu bu nehirde gelen kontamine su, sulama kuyusunun yeniden dolmasına neden olmuştur (CalFERT, 2007).

Gıda zehirlenmesi alanında meydana gelen vakalardaki artış ve salgınların incelenmesi ile kontamine sulama suyunun meyve ve sebzelerde gıda kaynaklı patojen kaynağı olabileceğine dair kanıtlar artmaktadır. *E. coli* O157: H7' nin marul kontaminasyonunu inceleyen deneysel çalışmalarda, marulların içinde *E. coli* O157: H7 bulunan su ile sulanması sonucu sulama suyunun *E. coli*' yi marul bitkilerine etkili bir şekilde bulaştırabildiği gösterilmiştir (Solomon ve ark. 2002). Marul bitkilerinin kontamine olabilmesi için toprakla temasın gerekli olmadığı ve bakterilerin kök sisteminden alındığı öne sürülmüştür (Bernstein ve ark., 2007; Solomon ve ark., 2002). Ayrıca *E. coli*, hasat sonrası yıkama işlemi sonrasında bile marul dokularında tespit edilmiştir. Bu çalışmalar yemeye hazır ürünler için kaliteli sulama suyu kullanılmasının önemini vurgulamaktadır.

Düşük sıcaklıklarda da, meyve ve sebzelerde patojenik mikroorganizmalar hayatta kalabilmektedir. Beuchat (1999) yaptığı çalışmada *E. coli* O157: H7, hasat edilmiş marulun yüzeyinde, 48 ° C' de 15 gün boyunca hayatta kaldığını gözlemlemiştir. Yapılan bir diğer çalışmada da hasat edildikten sonra taze olarak dondurulup depolanan çileklerin yüzeyinde *E. coli* O157: H7' nin en az bir ay hayatta kaldığı gözlemlenmiştir (Yu ve ark., 2001).

Tarımsal sulama suyunun mikrobiyal kalitesinin dikkat edildiği yerlerde patojenik ve indikatör organizmaların mevcudiyeti ve taşınması hakkındaki bilgiler oldukça önemlidir. Sulama suyunun mikrobiyal kalitesi tarımsal etkenler, doğal yaşam ve insan faaliyetlerinden etkilenir. Ayrıca tarım arazileri ve mera alanlarında uygulanan gübrelemeler sonrası oluşan akıntı, sığır dışkılarının birikimi, gübre lagünlerinde ve depolama alanlarında meydana gelen taşma, doğal yaşamdaki dışkı birikimi ve kanalizasyon hatlarından oluşan sızma, suyun mikrobiyal kalitesini etkileyen faktörlerdir. Ayrıca sudaki mikrobiyal içerik, sulama suyunun tabanındaki dip tortusu, yosunlar ve kenar topraklar da dahil olmak üzere su ile doğrudan temas halinde olan mikrobiyal rezervuarlardan da etkilenir (Pachepsky ve ark.,2011).

Tarımsal sulama suyu kalitesini etkileyen mikroorganizmaların taşınması, kullanılan sulama suyu çeşitlerine göre değişmektedir. Sulama suyunun mikrobiyal kalitesi, depolama ve dağıtım sisteminde meydana gelen süreçlerden de etkilenir.

Kaynaktan alana taşıma sırasında değişiklikler meydana gelebilir. Sulama hendekleri ve sulama kanalları yoluyla suyun taşınması sırasında suyun alt tabanında bulunan tortu, algler ve periferonun mikrobiyal rezervuarları ile etkileşimini, borular yoluyla su taşınması ise borulardaki biyofilmlerle etkileşimleri içerir. Taşıma hatları boyunca suyun mikrobiyal kalitesindeki bozulmanın, özellikle arıtılmış atık su dağıtım sistemlerinde belirgin olduğu gösterilmiştir (Pachepsky ve ark., 2011). Jjemba ve ark. (2010), *Legionella* ve *Aeromonas* dahil fırsatçı patojenlerin atık su tesisinden çıkan arıtılmış atık su sistemlerinde çoğaldığını bildirmişlerdir. Sulama suyu toplanması, taşınması ve dağıtımı, suyun mikrobiyal kalitesini etkileyen birçok karmaşık sistemde gerçekleşir.

Bir diğer önemli sonuç, zaman içinde mevcut bilgi durumunun, patojen sağkalım faktörlerinin ve mikrobiyal populasyon durumunun değişmesine rağmen, belirli bir sulama suyunda veya mikrobiyal rezervuarlardaki spesifik patojenler için sağkalım faktörlerinin kesin tahminlerinin yapılamamasıdır. Doğal ortamların heterojenliği çok yüksektir ve dışkı göstergesi ve enterik patojen kirliliği dinamiktir. Bu nedenle doğal sularda mikroorganizma karakterizasyonu için uygun ölçümlerin değerlendirilmesi, herhangi bir belirli patojenin ölümü veya büyümesini öngörmek için karmaşık olacaktır (Van Elsas ve ark., 2010).

Özetle, patojenlerin taşınması ve bunların hayatta kalmaları, yapılan insidans çalışmaları ile son zamanlarda ortaya çıkan birçok salgınla ilişkilendirilmiştir (Mandrell, 2011). Bununla birlikte, potansiyel ulaşım mekanizmalarının detayları çoğunlukla laboratuvar çalışmalarında belgelenmiştir. Çiftlik işletme ortamlarında meydana gelen aktarma rezervlerini ve aktarma kalıplarını oluşturmak için patojen konsantrasyonu, patojen suşu, bitki durumu, sulama rejimi, hava durumu vb. çeşitli faktörlerin göreceli önemini değerlendirmek için daha fazla alan verilerine ihtiyaç vardır.

2.1.1 Tarımsal suların mikrobiyolojik kalitesi

Sulama suyunun mikrobiyolojik kalitesinin önemi ve bunun gıda güvenliği ve halk sağlığı üzerindeki etkisinin artmasıyla, yönetmelik ihtiyacı açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Mikrobiyolojik su kalitesi standartları, patojenik olmasa da patojenlerle ilişkili olduğu tahmin edilen indikatör organizmalara dayanır, böylece potansiyel patojenlerin varlığı hakkındaki tahminleri kolaylaştırır. Toplam koliform, fekal koliform, jenerik *E. coli*, fekal streptokok ve nematod yumurta sayımları sulama suyu kalitesini belirlemek

için en sık kullanılan mikrobiyal göstergelerdir (EPA., 1973, Barrell ve ark., 2000, Blumenthal ve ark., 2000).

İlk standartlarda indikatör toplamı olarak “toplam koliformlar” kullanılmıştır (EPA., 1973). Bununla birlikte, fekal kontaminasyon, sularda muhtemel patojen kaynağı olarak kabul edildiğinden dışkıdaki mikroorganizmalar daha uygun indikatörler olarak seçilmiştir. Toplam koliform ve fekal koliform sayıları fekal kökenli olmayan bakterileri de belirtebileceği için, *E. coli* varlığı sulardaki dışkı kirlenmesinin ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Barrell ve ark., 2000). Sonuçta standartlar, laktozu büyütmeye, fermente etmeye ve 44.5 °C’ ta asit ve gaz üretme kabiliyetine sahip olan toplam koliformların bir alt kümesi olan “fekal koliformlara” dayanmaktadır. Son zamanlarda, indikatör seçimleri *E. coli* ve bazı durumlarda fekal streptokok olmuştur. Ayrıca nematod ve helmint yumurta sayımları için de ek standartlar kabul edilmiştir (Blumenthal ve ark., 2000). Fekal streptokok, çevrede fekal koliformlardan daha uzun süre hayatta kalır, bu da uzun süreli kontaminasyonun tespiti açısından önemli bir gösterge olabileceğini düşündürmektedir. *Ascaris sp.* ve *Trichuris sp.* gibi nematod yumurtaları, bu organizmaların endemik olduğunu gösterir ve arıtılmış atık sudan elde edilen enfeksiyon riskini tahmin etmek için kullanılır (Blumenthal ve ark., 2000).

Sulama suyunun mikrobiyal kalitesi büyük ölçüde su kaynağına bağlıdır. Fakat ülkeler arasında, yeraltı suyu, yüzey suyu ve arıtılmış insan atıksuyu gibi sulama suyu kaynakları, mahsul tipi, sulama yöntemi ve arazi kullanımı gibi faktörlere göre önemli ölçüde farklılık gösterir. Ham tüketilmesi muhtemel olan ürünlerin sulanması için önerilen su kalitesi, genellikle işlenmiş tarım ürünleri veya yem bitkileri için olanlardan daha yüksektir.

Arıtılmamış atık sular yüksek oranda insan patojeni içerebildiği için atık su kullanılarak yapılan sulama kalitesi ile ilgili kurallar en katı olanıdır. Atık su için, sınırlı sulama (yani, çiğ yenmesi muhtemel mahsulleri içeren kullanımlar için) ve pişirilecek ürünler için sınırsız sulama arasında önemli bir ayırım yapılmıştır (Blumenthal ark., 2000). Amerika Birleşik Devletleri’nin bazı eyaletlerinde, gıda mahsullerinin atık sularla sulanmasına izin verilmez. Örneğin Florida’da, arıtılmış atık suların damlama sulama ile kullanılmasına izin verilmesine rağmen (O’Connor ve ark., 2008), tüketilmeden önce kabuğu soyulmamış, pişmemiş veya ısı işlem görmemiş yenilebilir mahsullerin atık su ile spreyle sulanmasına izin verilmez. Sulama için atık su kullanımında artan endişe, bu

suların organik kirletici maddeler (antibiyotikler, endokrin bozucu bileşikler, böcek ilacı kalıntıları) bulundurma potansiyelidir. Ortaya çıkan bu kirletici maddelerin konsantrasyonları henüz düzenlenmemiştir ve halk ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri yeterince anlaşılammıştır (Metcalf ve Eddy, 2007). İnsan atık suları genellikle çok düşük mikrobiyal kalitede olmadığından bitkilerin sulanmasında güvenle kullanılmadan önce kapsamlı arıtmayı gerektirir.

Yeraltı suyu, yüzeysel akışla kirlenmediği sürece genellikle yüksek mikrobiyal kalitededir ancak yeraltı suyu kuyuya yakın kontaminasyon kaynakları ile veya uygun olmayan yüzey suyu sızıntıları ile kontamine olabilir. Arjantin’de atık suların bertarafı sırasında oluşan sızıntıların, bahçecilik faaliyetleri için kullanılan yeraltı sularının kontaminasyonuna neden olduğu gösterilmiştir (Massone ve ark., 1998).

Yüzey suları çok fazla dış etkene maruz kaldığı için çok değişken mikrobiyal kaliteye sahiptir. Yüzey sularının mikrobiyal su kalitesi için önerilen uygulamalar atık suya nazaran daha esnek olma eğilimindedir. Çünkü atık su içinde mevcut olan birçok spesifik insan patojeni genellikle yüzey suyunda bulunmaz (Feachem ve ark., 1983). Havuzlar, göller, nehirler ve akarsular dahil yüzey suları, patojenik mikroorganizmalarla kirlenmeye karşı yeraltı suyuna göre çok daha hassastır. Atık su deşarjları, septik tank kirliliği, yağmur suyu drenajları ve endüstriyel atık suların tümü yüzey sularını kiretebilir. Arıtılmamış atık su veya yanlış arıtılmış atık su içeren nehirlerden veya göllerden gelen sular hepatit A, norovirüsler veya enterovirüsler içerebilir (Bagdasaryan, 1964). Besi çiftliklerindeki gübre yığınları veya gübrelenmiş mahsüllerin bulunduğu topraklar yüzey sularının kontaminasyonuna neden olabilir. Amerika Birleşik Devletleri’nin Colorada eyaletinde bir derenin yanında otlayan sığırların, dere suyunda fekal koliform ve fekal streptokok düzeylerini arttırdığı bulunmuştur (Gary ve ark., 1983).

İndikatör organizmaların sudaki konsantrasyonları, su kaynaklarındaki patojenlerin ekolojisini tam olarak yansıtmaz. Toplam koliform grubunun ve bazı fekal koliformların (*Klebsiella* ve *Enterobacter* türleri gibi) pek çok üyesi dışkıya özgü değildir ve *E. coli*'nin bile doğal su ortamlarında çoğaldığı gösterilmiştir. Bu nedenle ılıman sularda dışkı kontaminasyonunu gösteren indikatörler *E. coli* ve enterokok iken, tropikal bölgelerde ve topraklarda *E. coli* ve enterokoklar büyüyebilir ve alternatif indikatörler göz önünde bulundurulmalıdır (Pachepsky ve Shelton, 2011). Patojenlerin çeşitlerini,

oluşumlarını ve konsantrasyonlarını daha iyi anlamaya dayalı olarak çoklu indikatörlerin kullanılması önerilmiştir (Gerba ve Rose, 2003). Aynı zamanda indikatör organizmaların konsantrasyonları ile patojenik veya potansiyel olarak patojenik organizmalar arasındaki korelasyonlar hakkındaki veriler yeterli değildir. Bu korelasyonu bulmaya çalışan birçok çalışmada yeterli sonuç alınmamıştır (Duris ve ark., 2009; Shelton ve ark., 2011). Ancak yine de yüksek indikatör organizma konsantrasyonları, yüksek fekal kontaminasyon seviyelerine ve dolayısıyla fekal patojenlerin bulunma ihtimalinin yüksek olduğuna işaret eder.

Sulama suyu kaynakları arasında, sulama yöntemi, mahsulün türü ve arazi kullanımı standartlarında farklılıklar yapılmıştır. İzin verilen indikatör organizma konsantrasyonları, suyun bitkilerin yenilebilir kısımlarıyla temas etmediği yüzey sulama yöntemi durumunda genellikle çok daha yüksektir. Bu varsayım daha fazla inceleme gerektirmektedir. Çünkü yakın zamanda patojenlerin bitkilere kök sistemleri yoluyla da girebileceği ileri sürülmüştür (Bernstein ve ark., 2007; Solomon ve ark., 2002) ve su üzerinde olabilecek sıçramalar patojenlerin bitkilere temasına neden olmaktadır (Boyer, 2008).

Sulama suyunda kalite standartlarının belirlenmesi, uygun bir düzenleme olmasına rağmen uygulanması zor olabilir. Tyrrel (1999), İngiltere’de, uygulamadaki en belirgin sorunun, nehir ağındaki sulama dağılım noktasının, içme suyu dağılım noktalarından çok daha fazla olmasının, kullanılması önerilen herhangi bir yönetmeliğe uyumunu çok zorlaştırabileceğini belirtmiştir. Sulama suyu izleme altyapısı yoktur ve bu altyapının uygulanabilirliğini değerlendirmek için herhangi bir araştırma yapılmamıştır.

Kontamine sulama suyunda gıda kaynaklı patojenlerin hastalık riskini en aza indirmek için tasarlanan müdahale stratejileri de tartışılmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerindeki Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration: FDA) kılavuzunda “her duruma uygulanan tek bir öneri” standartlarının yerine, üretilen mahsul tipine, patojen mikroorganizma çeşidine, kullanılan su kaynakları ve sulama sistemine göre sahaya özgü standartların oluşturulması önerilmektedir.

2.1.2 Tarımsal sulardaki indikatör mikroorganizmalar

Mevcut olan yüzey suyu ve yeraltı suyu kalitesi ile ilgili veriler, sulama suyunun mikrobiyal kalitesini yansıtmayabilir. Çünkü yapılan en yoğun incelemeler genellikle yoğun kontaminasyonun meydana geldiği zamanlarda kontamine olan numunelerden

elde edilmiştir (Stoeckel, 2009). Daha önce belirtildiği gibi, bu veriler yalnızca spesifik patojenlerden ziyade fekal indikatör organizmalar hakkındaki bilgilerden oluşmaktadır. Sulama suyu incelendiğinde bile, vakaların çoğunda gerçek patojenlerden ziyade indikatör organizmalar ölçülür.

Güvenli gıda üretiminde fekal gösterge mikroorganizmalarının izlenmesi, yaygın olarak kabul edilen bir yöntemdir. Ancak, tarımsal sulardaki potansiyel patojen risklerini değerlendirmek için belirlenmiş bir gösterge yoktur. Ne olursa olsun, ürünün yenilebilir kısmına temas eden mikrobiyal suyun genel olarak doğrudan ürünün güvenliğiyle ilgili olduğuna inanılmaktadır. Bu nedenle üretim endüstrisinde ürün güvenliğini sağlamak için indikatör mikroorganizmaları tanımlayan ölçütler yaygın olarak kullanılmaktadır.

İndikatör mikroorganizmalar genel dışkı kontaminasyonunu gösterir. Belirlenen sınırları aşan indikatör mikroorganizma, patojenin varlığını temsil etmez; indikatör mikroorganizma kullanımının amacı, dışkı kontaminasyonuna bağlı olarak patojen varlığının dolaylı olarak öngörülmesidir (Cordier ve ICMSF, 2013). İndikatör organizmalar temel olarak, herhangi bir spesifik patojenin varlığı veya konsantrasyon seviyesinden ziyade potansiyel olarak ortaya çıkan fekal (dışkı) kontaminasyonu belirtmek için seçilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) tarımsal sularda kullanılabilecek indikatör mikroorganizmalar için belirlediği kriterler şu şekildedir; patojenler ve indikatör organizmalar arasında bir korelasyonun bulunması, indikatör mikroorganizmanın bulunduğu çevrede çoğalmaması, bulunduğu ortamda patojen mikroorganizmalar gibi tepki vermesi ama patojen olmaması, izole edilmesi, tanımlanması, ve sayılmasının kolay ve ucuz olmasıdır. Su kaynaklı patojenlerin tespitindeki yüksek maliyet ve zaman gibi zorluklar, indikatör mikroorganizmaların kullanımını teşvik eder. Amerikan Mikrobiyoloji Derneği (ASM), jenerik *E. coli*'yi birincil mikrobiyal gösterge olarak belirlemiştir (ASM, 2001). *E. coli*, fekal streptokoklar, enterokoklar ve toplam koliform, yüzey sularında fekal kirlenme tespiti ve mikrobiyal su kalitesi için indikatör mikroorganizmalar olarak önerilmektedir (Steele ve Odumeru, 2004).

Tarım alanında kullanılan yüzey sulama suyu kalitesi, uygulamada içme suyu ve içme suyu dışında havuz suları ve aquaparklar da kullanılan sular gibi eğlence amaçlı kullanılan diğer sulara göre daha az incelenmektedir (Pachepsky ve ark., 2011). Tarımsal su kalitesi, Amerika Birleşik Devletler'inde Çevre Koruma Kurumu (EPA) tarafından

kullanılan eğlence suyu standartları referans alınarak belirlenmiştir. Tarımsal sularda jenerik *E. coli*'nin 100 mL'lik (EMS/100 mL) su numunelerindeki popülasyonuna bakılarak ölçüm yapılması gerekmektedir (FDA, 2015).

2.1.3 Tarımsal sulardaki patojen mikroorganizmalar

Çok sayıda patojen, mahsülü kontamine etmek ve tüketim sırasında insanlara ulaşmak için tarımsal suda yeterince uzun süre hayatta kalabilir. Meyveler hastalıkların bulaşmasında aracı olabilir ve meyve ve sebzeler çiğ tüketildiğinde hastalık bulaşma riski artar. Genellikle çiğ olarak tüketilen domates 1990, 1993 ve 1999 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük ve çok kademeli *Salmonella* enfeksiyonu salgınlarına neden olmuştur (Cummings ve ark., 2001). Meyve ve sebzelerde patojen mikroorganizmaların lokal yayılışını belirlemek için birçok araştırma yapılmıştır. Bu konuyla ilgili patojenlerin listesi, bakteri *Campylobacter* sp., enterohemorajik *Escherichia coli* (*E. coli* O157:H7), enterotoksijenik *Staphylococcus aureus*, enterotoksijenik *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Yersinia enterocolitica*, protozoa *Cryptosporidium* sp., *Cyclospora cayetanensis*, *Giardia* sp., *Entamoeba histolytica*, *Ascaris* sp. gibi helmintler ve özellikle virüsler, adenovirüsler, enterovirüsler, norovirüsler ve rotavirüslerdir (Warriner ve ark., 2009).

2.1.4 Tarımsal sularda *Salmonella* varlığı

Salmonella, farklı konakçı özgüllüğü ve geniş dağılımı ile karakterize edilen çok sayıda serotip içeren, dünya çapında yayılıma sahip, her yerde bulunan enterik bir patojendir. *Salmonella*'nın yalnız insanlarda, yalnız hayvanlarda, hem insanlarda hem de hayvanlarda hastalık yapan birçok türü bulunmaktadır. Bu mikroorganizma, dünyadaki bağırsak hastalıklarının önde gelen nedenlerinden biri ve aynı zamanda tifo ve paratifoid ateş gibi daha ağır olan sistemik hastalıkların kaynağıdır (Pond, 2005). Zoonotik *Salmonella*'lar yaygın olarak gıda kaynaklı patojenler olarak bilinmektedir. *Salmonella* genellikle kuşlar, sürüngenler, çiftlik hayvanları ve insanlar gibi çok sayıda hayvanın mide-bağırsak yolunda bulunur. Çoğu salmonelloz vakasının önceden kontamine kümes hayvanı ve kümes hayvanı ürünlerinin tüketilmesinden kaynaklandığı düşünülüyordu (Tauxe ve ark., 1997). Ancak içme suyunun yanı sıra doğal suların da bu enterik mikroorganizmaların taşınması için önemli bir kaynak olduğu bilinmektedir (Ashbolt, 2004). *Salmonella*, diğer enterik bakteriler gibi, fekal-oral kontaminasyon yoluyla yayılır.

Bu mikroorganizma, akuatik ortama doğrudan, enfekte olmuş insan veya hayvan dışkısı ile veya dolaylı olarak atık su deşarjı veya tarımsal topraklar yoluyla girebilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yüzey sularındaki patojenlerin varlığı birçok çalışmada bildirilmiştir (Luo ve ark., 2015; McEgan ve ark., 2013; Patchanee ve ark., 2010; Rajabi ve ark., 2011). Kuzey Carolina'da konut ve sanayi bölgesi, ormanlık alanlar, ekim yapılan tarım alanları ve domuz eti üretimi yapılan çiftlik bölgeleri dahil olmak üzere dört tür havzadan alınan 25 mL'lik su numunelerinde farklı *Salmonella* serotipleri izole edilmiştir (Patchanee ve ark., 2010). Patojenlerin dağılımı ve oluşumunu anlamak için Güney Georgia ve Kuzey Florida' daki Suwanne Nehri havzasında birçok çalışma yapılmıştır. Rajabi ve ark. (2011) Suwannee Nehri'nden topladıkları su numunelerinin *Salmonella* için pozitif olduğunu bulmuşlardır. Güney Georgia ve Kuzey Florida'daki tarım alanlarındaki sulama havuzlarından alınan su örnekleri *Salmonella* için pozitif sonuç vermiştir (Luo ve ark., 2015). Aynı bölgede, Gu ve ark., (2013) on tarımsal sulama havuzundan aylık örneklemeler yapmışlardır ve bu sulama havuzlarından *E. coli* O157:H7 izole etmişlerdir. Merkez Florida' da, göl, gölet, dere ve akarsularda dahil olmak üzere tarım alanlarına yakın olan sulardan alınan örneklerde farklı *Salmonella* türleri için pozitif sonuçlar elde edilmiştir (McEgan ve ark., 2013).

2.1.5 Tarımsal sularda patojen ve indikatör mikroorganizma ilişkileri

Tarımsal sularda hem patojenler hem de indikatör mikroorganizmalar bulunabilir. Bununla birlikte, patojen konsantrasyonları için indikatör mikroorganizma verilerinin yorumlanması yeterli değildir (Pachepsky ve ark., 2011). Önerilen su kalitesi standartlarının yeterliliğini değerlendirmek için patojenler ve indikatör mikroorganizmalar arasındaki korelasyonlar uzun süredir araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalarda indikatör mikroorganizmaların göstergeleri ile patojen varlığı arasındaki korelasyonların mevcut olabileceği gibi zayıf veya geçici olabileceği de değerlendirilmiştir. Güney Afrika'daki sulama kanallarında ve nehirlerde yapılan çalışmalarda toplam ve fekal koliformlar ile *Salmonella* varlığı arasındaki yüksek korelasyon gösterilmiştir (Ijabadeniyi ve ark., 2011). Benjamin ve ark. (2013), sulama suları, akarsular ve havuzlardaki çökeltelerde yaptığı çalışmalarda *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7' nin varlığı ile jenerik *E. coli* konsantrasyonu arasında belirgin bir korelasyon elde edememişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, enterokoklar ve jenerik *E. Coli* gibi fekal kontaminasyon göstergesi olarak kabul edilen indikatör bakteriler ile *Salmonella*

arasında yeterli konsantrasyon bulunmuştur fakat *E. coli* O157: H7 varlığı ile herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Walters ve ark., 2011). Yüzey sulama sularında mikrobiyal göstergelere dayanarak patojen mikroorganizmaların varlığı ile ilgili tahminler yapılabilir fakat birçok patojen mikrobiyal göstergelere benzer şekilde davranmamaktadır (Payment ve Locas, 2011).

Fekal indikatör mikroorganizmalar ve patojenler arasındaki korelasyona da bakılır ancak tüm olumlu koşullara rağmen ve ilgilenilen patojenin türü için bu korelasyon henüz kanıtlanamamıştır. Sonuç olarak, indikatör organizmalara ilişkin verilerin patojen konsantrasyonları açısından yorumlanması sorunu devam etmektedir.

2.2 Tarımsal Sularda Mikroorganizmaların Canlı Kalması ve Zamansal Değişimi

Yüzey sulama suları sürekli olarak çeşitli çevresel faktörlere maruz kalmaktadır. Patojenler ve indikatör mikroorganizma konsantrasyonları, tarımsal su kaynaklarındaki iç ve dış değişkenlerle bağlı olarak değişebilir. İç faktörlerden bazıları, su kaynağının türü, predatörlerin varlığı, bakteriyofaj lizisi, suyun fiziko kimyasal özellikleri, alglerin varlığı, besin ögesi kullanılabilirliği ve diğer organizmalarla etkileşimi içerir (Chandran ve Hatha, 2005). Akarsu ağzından alınan örneklerde doğal mikrobiyotanın özellikle güneş ışığı ile birlikte *E. coli* ve *Salmonella* sayısını azalttığı tespit edilmiştir (Rhodes and Kator, 1990). Besin sıkıntısının mikrobiyolojik popülasyon üzerindeki önemi, kanalizasyon ve göl suyunda test edilmiş ve sudaki mikrobiyolojik konsantrasyon organik besin maddelerinin varlığı ile ilişkilendirilmiştir (Sinclair ve Alexander, 1984). Vijayavel ve ark. (2014), yaptıkları çalışmalarda dışkı kaynaklı koliformların azalmasının suda bulunan bakteriyofajların varlığı ile bağlantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu iç faktörler dış etkenlerden de etkilenebilirler. Patojen ve indikatör mikroorganizmaların popülasyonunu etkileyebilecek dış faktörlere su kaynakları çevresindeki tarımsal faaliyetler, vahşi hayvanların varlığı, günün saati (güneş radyasyonu), hava olayları, sıcaklık, akış ve yağış dahil edilebilir.

Mikroorganizmaların varlığı bölgesel ve yerel farklılıklar da gösterebilir. Gelişmekte olan ülkelerdeki sulama sularının, gelişmiş ülkelere göre çok daha yüksek düzeyde patojen içerdiği bildirilmektedir (Thurston-Enriquez ve ark., 2002). Gelişmekte olan ülkelerde arıtılmamış, işlenmemiş atık su, sulama yapmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Sahra altı Afrika'nın çoğu bölgesinde, kentsel ve köylerdeki tarım

alanlarının sulanmasında yüksek oranda kirlenmiş su kaynakları kullanılır (Scott ve ark., 2004).

Gübre uygulamalarında, özellikle yüzey su kaynaklarının mikrobiyolojik kalitesi üzerinde etkileri bulunmaktadır. Yüzey su kaynakları üzerinde yapılan bir araştırmada, ana su kaynağından alınan su örnekleri üzerinde yapılan analizlerde çıkan sonuçlar ile sığır, domuz ve kümes hayvanlarının dışkılarından oluşan gübrelerde patojenlerin konsantrasyonu arasında doğrudan ilişki bulunmuştur (Johnson ve ark., 2003). Tarım arazilerindeki gübre miktarının ve uygulama sıklığının, yüzey suyu kirlilik seviyesini etkilediği sonucuna varılmıştır.

Kuyularda bulunan suların mikrobiyal kalitesi, kuyuların tasarımından, alt tabakanın doğasından, yeraltı suyu derinliğinden ve yağıştan etkilenebilir (Gerba, 2009). ABD'de, belgelenen içme suyu hastalığı salgınlarının çoğunluğu, kuyuların fekal kontaminasyonundan kaynaklandığını göstermektedir (Reynolds ve ark., 2008). Toprakların tanecik yapısı üzerinde yapılan bir çalışmada, Close ve ark. (2008), kaba taneli topraklara kıyasla daha ince taneli topraklarda daha fazla patojen filtrasyonunun bulunduğunu rapor etmiştir.

Mikroorganizmaların varlığı zamansal ve mekansal değişkenlik de gösterebilir. Sulama suyu kaynaklarındaki patojen ve indikatör organizma konsantrasyonları, hem günlük hem de mevsimsel değişiklik gösterebilir ve ayrıca yağış olaylarından etkilenebilir. Yağışların akarsu, rezervuar ve göletlere toprak üzerinden akması ve alt çökeltiilerden bakteri salınmasına neden olmasından dolayı patojen ve indikatör organizma konsantrasyonlarını arttırdığı tespit edilmiştir (Pachepsky ve Shelton, 2011). Çeşitli yüzey su kaynakları için patojen ve indikatör organizmaların miktarında mevsimsel değişiklikler de bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, genellikle yağışlı aylarda ve yoğun yağışlardan sonra daha yüksek konsantrasyonlarda mikroorganizmalar tespit edilmiş ve bu yağışların neden olduğu artan akış miktarına bağlanmıştır (Cooley ve ark., 2007). Bununla birlikte yağışların mikrobiyal su kalitesi üzerindeki etkisinin tahmininde yalnızca yağış verilerinin kullanımının güvenilmez olduğunu bunun yerine, öngörü ve risk değerlendirmesi için mikrobiyal su kalitesi, su kaynağının fiziksel koşulları ve akışa maruz kalma değerlendirmesi dikkate alınmalıdır (Topalcengiz ve ark., 2017).

Genel olarak, herhangi bir yüzey su kaynağından alınan sulama suyunun inceleme yapıldığı anda veya başka bir zamanda enterik patojenler içermesi muhtemeldir. Gübre

kullanımı, yağış miktarı, arıtılmamış atık suların varlığı, bölgesel ve yerel farklılıklar, zamansal ve mekansal değişkenlik, mevsimsel değişkenlik, toprak yapısı, doğal yaşamda bulunan vahşi hayvanlar ve hayvan çiftliklerinin varlığı su kaynaklarındaki patojen ve indikatör mikroorganizmaların varlığını ve miktarlarını etkilemektedir. Ayrıca arazi yapısı ve iklim şartları, ham atık suların yüzey suyu kaynağına ulaşmasını kolaylaştırmaya neden olursa, kontaminasyon çok yüksek seviyelere ulaşabilir ve bölgeye özgü patojen konsantrasyonlarının artmasına neden olabilir.

2.3 Patojenlerin Bitkilerle Etkileşimi

Hastalığa neden olan gıda kaynaklı patojenler, sahadaki tüm çevresel zorluklardan ve tarımsal uygulamalardan, paketlenme tesislerindeki sanitasyon ve işleme prosedürlerinden, gastrointestinal sistem ve insan vücudunun tüm savunma mekanizmalarından kurtulmalıdır. Bu alanda enterik patojenler, çiğ meyve ve sebzelerde aşırı fizikokimyasal koşullar ve çeşitli mikrobiyal topluluklarla uğraşmak zorundadır. Mikrobiyal ekosistemin bitki yüzeyleri üzerindeki karmaşıklığı, ürün türüne, tarımsal uygulamalara, hava koşullarına, üretim alanındaki coğrafi faktörlere, bitki yüzey morfolojisindeki farklılığa ve bitkinin metabolik fonksiyonlarına bağlıdır (Burnett ve Beuchat, 2001). Sınırlı besin kullanılabilirliği ve ultraviyole koruması, bitki yüzeyinde patojenlerin büyüme veya hayatta kalma şansını azaltır (Brandl, 2006). İnsan patojenleri dışkı maddesinden veya kontamine tarım suyundan bir bitki yüzeyine ulaştıktan sonra, koşulların kendileri için daha elverişli olduğu bitki yüzeyindeki mikro ortamlarla temas edebilir (Brandl, 2006). Bitki yüzeyine temas ettikten sonra, enterik patojenler bitki yüzeyine tutunabilir, biyofilm oluşturabilir ve hayatta kalmak ve çoğalmak için içselleşebilir (Heaton ve Jones, 2008., Mandrell ve ark., 2006). Gıda kaynaklı patojenlerin bitki ortamlarına bağlanması ve yapışması, birincil konakçıya ulaşana kadar hayatta kalmak için çok önemli özelliklerdir. Bakteriler bitki yüzeyine girdiğinde, zayıf, geri dönüşümlü ve spesifik olmayan ilk yapışma, fiziksel faktörlere (hidrofobiklik, şarj, vb.) bağlı olarak birkaç saniye içinde sona erer, ardından güçlü geri dönüşümsüz bağlanma meydana gelir (Dunne, 2002).

2.3.1 Patojenlerin bitkilere geçiş yolları

Sulama suyundan kaynaklandığı onaylanan kontamine ürün vakalarının sınırlı sayıda olmasına rağmen, laboratuvar çalışmaları su kaynaklı patojenlerden kaynaklanan potansiyel kontaminasyon mekanizmalarını açıklamıştır. Laboratuvar ve saha çalışmaları

çevresel koşullara bağlı olarak patojenlerin ve indikatör organizmaların (jenerik *E. coli* ve *E. coli* O157:H7) sulama suyundan bulaştığını göstermektedir (Delaquis ve ark., 2007). Enterik patojenlerin bağlanması çevresel faktörlere, bitki türüne ve bakteri özelliklerine göre değişebilir. Bakterilerin bitki yüzeyine tutunduktan sonra, yıkama uygulamalarıyla bitkiden uzaklaştırılması pratik olarak zordur (Castillo ve ark., 2014).

Patojenlerin hayatta kalmaları bitki biyofilmlerine eklenmesi veya bitki içerisinde içselleştirilmesiyle arttırıldığı ileri sürülmektedir (Heaton ve Jones, 2008). Bitki ile ilişkili bakteriler patojenik bakterilere benzer şekilde, bitki yüzeylerine yapışmaları için selüloz ve toplayıcı fimbrialar kullanır (Mandrell ve ark., 2006). Lapidot ve Yaron (2009), sulama suyu yoluyla *Salmonella*'nın maydanoz yapraklarına tutunmasının, suşların kıvrım oluşturma yeteneklerine bağlı olduğunu gözlemlemişlerdir. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada kıvrım oluşturan *E. coli* O157: H7'nin göbek marul ve lahanaya üzerine bağlanmasının, kıvrım oluşturmeyen *E. coli* O157:H7 suşlarının bağlanmasından daha yüksek olduğu bulunmuştur (Patel ve ark. 2011b).

İlk çalışmalar da, *E. coli* 'nin, topraktan kök sistemiyle marulun yenilebilir kısmına taşınabileceği gösterilmiştir (Solomon ve ark. 2002). *Salmonella newport* ' un, bitkinin gelişim aşamasına bağlı olarak kontamine olmuş köklerden, marul fidelerinin toprak üstü kısımlarına taşınabileceği gösterilmiştir (Bernstein ve ark., 2007). Ancak, yeni çalışmalar bu sonuçları doğrulamamıştır. *E. coli*, kök dokusunda bulunmuştur ancak aşılınmış toprakta yetişen ıspanak bitkilerinin sürgün dokusunda bulunmamıştır (Sharma ark., 2009). Erickson ve ark., (2010), *E. coli* ve *Salmonella* 'nın kök sistemi yoluyla alımının meydana gelmediğini ya da oldukça nadir görülen bir olay olduğu sonucuna varmışlardır. Yapılan başka bir çalışmada, sulama suyunun yaprak yüzeylerine temas etmesi ile veya toprak yüzeyinden yağmur damlalarının suları bitki yüzeyine sıçratması ile patojenlerin stoma, yara dokusu veya yaralar yoluyla bitkilerin hava bölümüne girebildiği araştırılmıştır (Mitra ve ark., 2009). Guo ve ark. (2001) *Salmonella* 'nın topraktan doğrudan yeşil domateslerin kök yara dokusuna girişini gözlemlemişlerdir. *E. coli* 'nin göbek marul dokularına girmesinde ve hayatta kalmasında yara yüzeylerinin uygun ortam sağladığı tespit edilmiştir (Barker-Reid ve ark., 2009). Dört farklı marul çeşidiyle yapılan deneylerde, stoma açıklığının *E. coli* 'nin bitki yapraklarına giriş noktası olduğu bulunmuştur (Gomes ve ark. 2009). Patojenler tohumlardan, sulama suyundan ve büyüme ortamından mikro yeşilliklere aktarılabilir (Işık ve ark., 2020). Enterik patojenlerin

bitkilere bağlanma ve biyofilm oluşturmaları, insan ve hayvan bağırsağından farklı olan daha sert koşullarda, patojenlerin hayatta kalmasına yardımcı olan özelliklerdir.

Patojen sağkalımında içselleşmenin rolü hala tartışmalı bir konudur. Bu mikroorganizmaların hayatta kalma yetenekleri, domates gibi çiğ tüketilen ürünlerin ve yeşil yapraklı sebzelerin üretimindeki güvenliğin önemini göstermektedir. Tarladan sofraya üretim güvenliğini artırmak için daha fazla üründe daha çok çalışmalar yapılarak bu mekanizmaların daha net bir şekilde açıklanması gerekmektedir.

2.3.2 Patojenlerin bitkilere bağlanması

Herhangi bir patojen, sulama suyu vasıtasıyla bitki yüzeylerine ulaşabilir; ancak, bu patojenlerin bitki üzerindeki kalıcılığı hem patojen suşuna ve yapışma potansiyeline hem de bitkiye özgüdür. Örneğin, Lapidot ve Yaron (2009), çalışmasında kontamine sulama sularında bulunan *Salmonella*'nın suşuna özgü kıvrık olma ve selüloz oluşturma gibi özelliklerinin, maydanoz bitkilerine girebilme kabiliyetini etkilediğini bulmuşlardır. Guo ve ark. (2001), tarafından *Salmonella*'nın çeşitli serotipleri için yapılan gözlemlerde, domates bitkilerinde hayatta kalma konusunda önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Bitkiler ayrıca, kontamine su ile sulandığında patojenlerle etkileşim eğilimleri bakımından da farklılık gösterirler. Arıtılmış su kullanımına yönelik kantitatif risk değerlendirme modelleri, riskin mahsuller arasında farklılık gösterdiğini, marulun salatalıktan daha yüksek oranda kontamine olma riski oluşturduğunu göstermektedir (Hamilton ve ark. 2006). Yapılan başka bir çalışmada *E. coli* ve *Clostridium perfringens* eklenen sulama suyu ile sulanan kavun ve marul yüzeyinde mikroorganizmalar tespit edilmesine rağmen, kontamine su ile sulanan dolmalık biberler üzerinde mikroorganizmaların ortaya çıkmadığı rapor edilmiştir (Song ve ark. 2006). Melloul ve ark. (2001) çalışmalarında, marul ve maydanoz gibi yenilebilir kısımları zemin yüzeyinde gelişen ürünlerin, domates gibi toprak yüzeyinde yetişen ürünlere göre daha fazla *Salmonella* ile kontamine olduğunu göstermiştir.

2.3.3 Konsantrasyon etkisi

Sulama suyunda başlangıçta patojen konsantrasyonunun bulunup bulunmadığına dair kanıtlar, kontaminasyon için çok önemlidir. Örneğin, Webb ve ark. (2008), yaptıkları çalışmalarda *E. coli* O157:H7 konsantrasyonları ile ıspanak insidansı arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada 10^2 KOB/ml oranında *E. coli* O 157:H7

eklenmiş su ile ıslatılan ıspanak bitkilerinde *E. coli* O157:H7 saptanmadığı halde, 10^4 KOB/ml nin daha yüksek konsantrasyonlarında ıspanak bitkilerinde patojen mikroorganizmalar bulunmuştur ve konsantrasyonlar 10^6 KOB/ml'e arttırıldığı zaman insidansları da artmıştır. Altı haftalık bir çalışma sırasında ıspanak bitkilerinde 10^3 KOB/ml *Salmonella* içeren su ile tekrar sulanan bitkilerde EMS analizi ile *Salmonella* tespit edilememiştir (Patel ve Darlington, 2010). *Salmonella*, bitkiler yüksek seviyede patojen içeren su ile (10^6 KOB/ml) sulandıktan sonra 10^4 KOB/ml seviyelerinde kalmaya devam etmiştir. Bu sonuçlar düşük konsantrasyonların daha düşük kirlenme oranına karşılık geldiğini göstermektedir. Öte yandan, Mootian ve ark. (2009), 10^1 .ml⁻¹ veya 10^2 KOB/ml kadar düşük miktarlarda *E. coli* O157:H7 içeren su ile sulanmış marulun kontamine olabileceğini gözlemlemişlerdir. Başlangıçta 15 gün boyunca kontamine suyla sulanan olgun bitkilerin %30'unun *E. coli* O157:H7 için pozitif olduğunu bildirmişlerdir.

Patojen mikroorganizmanın, bitki filosferinin mikrobiyal topluluğu tarafından, özümsebilmesi veya kolonileştirebilmesi için sulama suyundaki konsantrasyonun, baskın faktör olmasına gerek yoktur. Bununla birlikte, patojen konsantrasyonunun ürünün kontaminasyonunda önemli bir faktör olduğuna dair doğrudan bir kanıt yoktur.

2.4 Tarımsal Sularda Ürün Kirliliği ve Yönetimi

Hastalık veya ölüm riskini en aza indirmek, ürün güvenlik standartlarını iyileştirmek, ürünlerin güvenli üretimi ve hasadı için birçok konuda standartların onaylanması ve geliştirilmesi çok önemlidir. Potansiyel kontaminasyon riskini en aza indirmek için önemli ölçütler önerilmiş ve kullanılmıştır. Bununla birlikte, üretim endüstrisi özellikle tarımsal su kalitesi, toprak değişiklikleri ve büyük hasat öncesi kontaminasyon yolları ile ilgili olarak mikrobiyolojik güvenliği arttırmak için daha etkin ve uygun maliyetli yaklaşımları değerlendirmelidir.

Çeşitli stratejiler, meyve ve sebzelerde patojenik mikroorganizmalardan hastalık bulaşma riskini azaltabilir. Bu stratejilerden bazıları, kullanmadan önce sulama suyunun mikrobiyal kalitesinin iyileştirilmesi, düşük kaliteli sulama suyunun çiğ olarak tüketilmesi muhtemel olmayan mahsullerde kullanımı, damla sulama veya yüzey sulamanın kullanılması ve meyve ve sebzelerin hasat sonrası yıkanmasını içerir. Sulama suyunun mikrobiyal kalitesini iyileştirmek için kullanılan yaklaşımlar, sulama için kullanılan su tipine ve istenen su kalitesine bağlıdır.

Yeraltı suyu genellikle çok iyi bir mikrobiyal kaliteye sahiptir ve herhangi bir arıtma gerektirmez. Arıtılmamış lağım atık suları, yüksek düzeyde patojenik ve patojenik olmayan mikroorganizmalar içerir ve mahsullere uygulanması için kapsamlı arıtma gerektirir. Yüzey suyu genellikle orta dereceli mikrobiyal kalitededir ve bazı yönergelere göre çiğ olarak tüketilen mahsullere uygulama için arıtma gerektirebilir, ancak yüzey suyu ile sulama için arıtma seçenekleri sınırlıdır. Filtreleme, klorlama, ozonlama, ultraviyole ışığına maruz kalma, elektronik ışın işleme ve ısı işlem uygulamalarının tümü, sulama suyundaki mikroorganizmaların seviyelerini azaltabilir, ancak bu işlemlerin kullanımı pratik olmayabilir ve maliyetleri arttırıcı olabilir.

Arıtma seçenekleri sınırlı olduğundan, yüzey suyunun kirlenmesini önlemek pratikte daha uygulanabilir yöntemlerdir. Sulama kaynaklarını büyükbaş hayvancılık ve kümes hayvanları gibi hayvancılıktan uzak tutmak, akarsular ve nehirler gibi sulama için kullanılan yüzey sularının üst kullanım alanlarını belirlemek ve tarlalara uygulanan gübrenin sulama kaynaklarına karışmasını önlemek bu uygulamalar arasındadır. Kaliteli sulama suyuna erişim kısıtlı olduğunda uygulanabilecek alternatiflerden biri, yem mahsulleri gibi çiğ tüketilmeyen mahsullerin sulanmasında daha düşük kalitede bir sulama suyu kullanmak ve genellikle çiğ tüketilen ve daha pahalı olan mahsullerin sulanması için yüksek kalitede su kullanmaktır. Sulama için kullanılan nehir suyunun, atık su deşarjları nedeniyle aşırı derecede kirlendiği Şili'deki bir ürün kısıtlama programı, hepatit, tifo ve diğer gastrointestinal hastalıkların görülme sıklığında önemli bir düşüşe yol açmıştır (Westcot, 1997). Mahsul kısıtlamasına bir alternatif, büyüme mevsiminin başlarında daha az kaliteli suyla sulama yaparken, hasat mevsimi sırasında daha kaliteli suyla sulama yapmaktır. Böylece mahsulün hasat edilmesinden önce düşük kalitede ki su içinde bulunan patojenlerin ölmesine izin verilmesi olabilir. Bununla birlikte, bu yaklaşım dikkatli kullanılmalıdır, çünkü toprakta bulunan patojenler temiz su ile sulanan bitkileri kontamine edebilir. Patojenlerin ölmesi için gereken süre doğru olarak belirlenmelidir (Bastos ve Mara, 1995).

Kullanılan sulama yöntemi, sulama suyunda bulunan patojenlerin bitki yüzeylerine bulaşma kapasitesini de etkileyebilir. Damla sulama veya yüzey sulama yöntemlerinde, bitkilerin yenilebilir kısımları doğrudan ıslanmadığından, bitkilerin sulama suyunda bulunan kirletici maddeler ile teması daha az olurken, sprey sulama yönteminde suyun bitkilerin yenilenilir kısımları ile direk teması vardır. Sebzeler için atık su kullanımına dayalı sulama risk değerlendirmesine dayalı bir çalışmada, sprey sulama

yerine yüzey altı damla sulama sisteminin kullanımının, enfeksiyon riskini iki yada üç katı kadar azaltacağı tahmin edilmiştir (Oron, 2002). Diğer çalışmalar, damla sulama kullanıldığında, sulama suyunda ki patojenlerin sebzeleri kontamine etme riskinde azalma olduğunu göstermiştir (Solomon ve ark., 2002).

Meyve ve sebzelerin hasat sonrası yıkanması, ürün üzerindeki mikrobiyal yükü azaltmak için yaygın olarak kullanılır. Yıkama, içme suyu ile yapılmalıdır; genel hasat sonrası yıkama işlemleri arasında klor, klor dioksit, ozon, peroksit ve peroksiasetik asit bulunur. Hasat sonrası yıkama, ürün üzerindeki mikrobiyal yükün azalmasında etkili bir yol olsa da, bitkilerdeki doğal açıklıklarda ve hasat ve kesim sırasında oluşan yara yüzeylerinde bulunan patojenik mikroorganizmalar, hasat sonrası yıkama işleminin antimikrobiyal etkilerinden kaçabilir. Deneysel olarak *E. coli* içeren su ile sulanan marul fidelerinde, hasat sonrası yıkamayla erişilemeyecek olan iç dokuları da dahil olmak üzere, marul dokuları boyunca *E. coli* içerdiği bulunmuştur ve *E. coli* O157:H7' nin, klorlu suda yıkanan maruldan temizlenemediği bildirilmiştir (Beuchat, 1999). Bu nedenle, meyve ve sebzelerin patojenik mikroorganizmalar tarafından ilk kontaminasyonunu önlemek, hasattan sonra bu patojenleri çıkarmaya çalışmaktan daha fazla tercih edilen yöntemlerdir. Ürün kısıtlaması veya sulama suyu kalitesi izlemesinin en büyük dezavantajı, uygunluğu izlemek ve uygulamak için güçlü bir kurumsal çerçevenin gerekli olmasıdır.

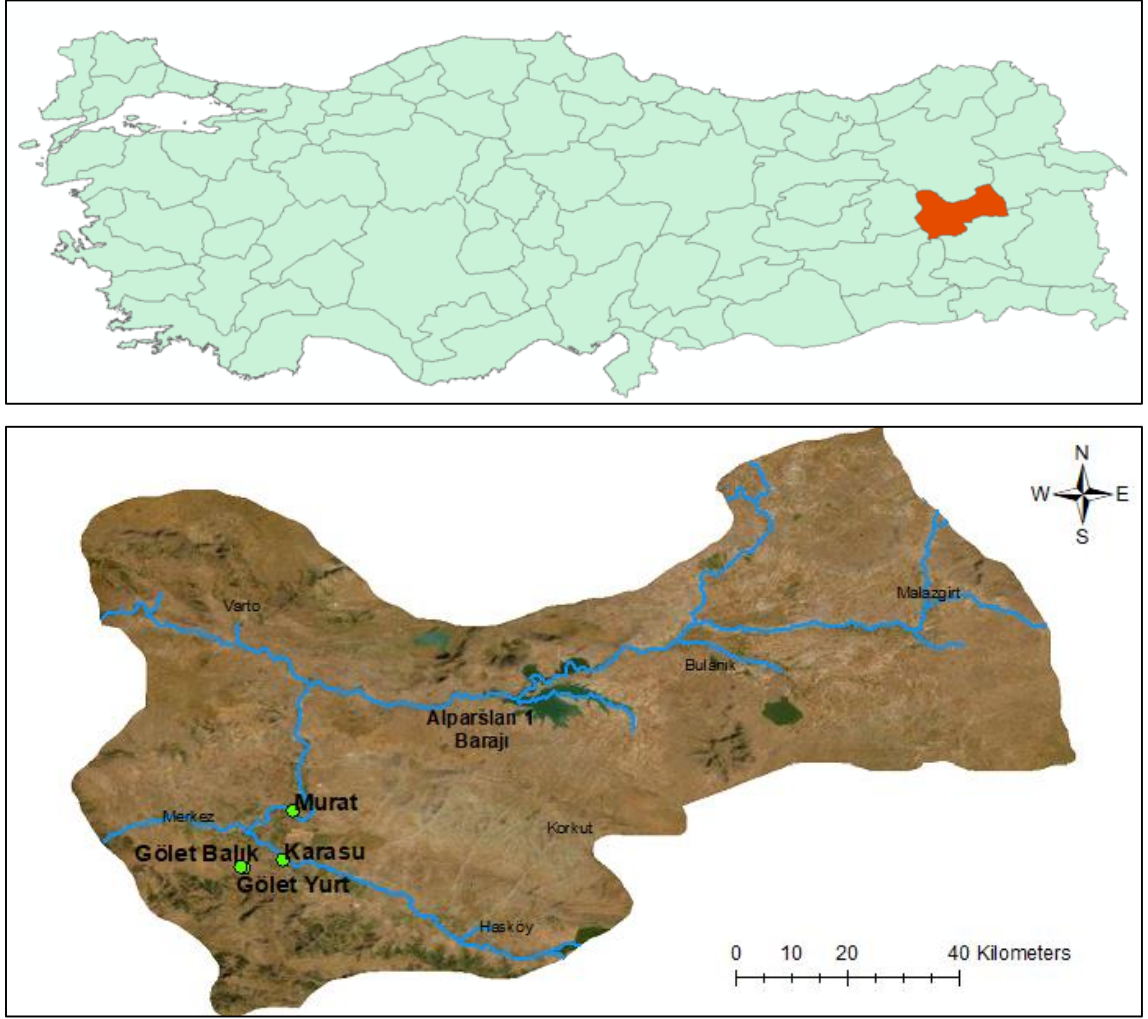
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Su Numunelerinin Toplanması

Gerekli miktarda tarımsal yüzey su örnekleri Muş ovası için geçerli olan tarım sezonu sırasında, daha öncesinden belirlenen ve Şekil 1`de gösterilen dört farklı kaynaktan toplanmıştır. Örnekleme için; Murat Nehri (M), Karasu Çayı (K), Gölet Yurt (GY) ve Gölet Balık (GB) lokasyonları seçilmiştir. Toplanan örnekler, Murat Nehri (M) için tarihi Murat Köprüsü ayakları yakınından, Karasu Çayı (K) için Muş-Bitlis karayolu D-955 ile Karasu Çayının kesiştiği bölgeden, Gölet Yurt (GY) için Muş ili şehir merkezine yaklaşık 8 km uzaklıkta Güzeltepe mahallesinde bulunan sulama göletinden ve Gölet Balık içinde (GB) Muş Alparslan Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan göletten alınmıştır.

Yüzey su numuneleri steril cam şişelerde 1000 mL olacak şekilde toplanmıştır. Tarım sezonu (Ağustos-Eylül) boyunca toplam 60 örnek (herbir kaynaktan 15 örnek) toplanmıştır. Örnekler yüzeyin 20 cm kadar derinliğinden ve öğlen saatinden önce alınmıştır. Örneklemenin yapıldığı sırada ortamdaki hayvan aktiviteleri ve hava sıcaklığı not edilmiştir.

Yüzey suyu örnekleri, numune alındıktan hemen sonra buz üzerinde laboratuvara getirilmiş ve numunelerin mikrobiyal analizine en geç iki saat içinde başlanmıştır. Suyun fizikokimyasal özellikleri, ilgili su kaynakları için 100 mL numuneler üzerinden test edilmiştir. Örneklerde su sıcaklığı, iletkenlik ve pH üçer defa ölçülerek not edilmiştir. Su sıcaklıkları (°C) portatif bir sıcaklık probu ile ölçülmüştür. pH ve iletkenlik, laboratuvar ölçeğinde pH metre (HACH, HQ30d Portable Multi Meter, CO, USA) ile ölçülmüştür. Solar Radyasyon, UV ve bağıl nem değerleri <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> sitesinden temin edilmiştir.



Şekil 1. Örneklemenin yapıldığı tarımsal su kaynakları; Murat Nehri (M), Karasu Çayı (K), Güzeltepe mahallesi, Dünya Sağlık Organizasyonu tarafından belirtilen 5 x 3 En Muhtemel Sayı (EMS) metodolojisi ile belirlenmiştir. Bu amaçla yeterli miktarda hazırlanan çift kuvvet ve tek kuvvet Lauryl tryptose (lactose) broth (LTB: Biolife; Milan, Italy), distile su içinde eritilmiş ve içerisinde durham tüpleri bulunan tüplere 10 mL olacak şekilde dağıtılarak otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilize edilerek deney günü için buzdolabında hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan besi yeri berrak ve sarımsı renktedir. 5 adet 10 mL double strength LTB’ye 10 mL su örneği, 5 adet 10 mL single strength LTB’ye 1 mL su örneği ve 5 adet 10 mL single strength LTB’ye 0.1 mL su örnekleri eklenerek 35-37°C’de

3.2 Mikrobiyolojik Analiz

3.2.1 İndikatör mikroorganizma popülasyonlarının belirlenmesi

Hedef mikroorganizma total koliform, fekal koliform ve jenerik *E. coli* popülasyonları, Dünya Sağlık Organizasyonu tarafından belirtilen 5 x 3 En Muhtemel Sayı (EMS) metodolojisi ile belirlenmiştir. Bu amaçla yeterli miktarda hazırlanan çift kuvvet ve tek kuvvet Lauryl tryptose (lactose) broth (LTB: Biolife; Milan, Italy), distile su içinde eritilmiş ve içerisinde durham tüpleri bulunan tüplere 10 mL olacak şekilde dağıtılarak otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilize edilerek deney günü için buzdolabında hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan besi yeri berrak ve sarımsı renktedir. 5 adet 10 mL double strength LTB’ye 10 mL su örneği, 5 adet 10 mL single strength LTB’ye 1 mL su örneği ve 5 adet 10 mL single strength LTB’ye 0.1 mL su örnekleri eklenerek 35-37°C’de

24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda gaz oluşumu gözlenen ön pozitif örnekler not edilmiştir. Brilliant green lactose broth (BGLB: Biolife; Milan, Italy) besiyeri hazırlandıktan sonra içinde durham tüpü bulunan tüplere 10'ar mL olarak dağıtılıp, otoklavda 121 °C'de 15 dakika sterilize edilmiştir. Hazırlanmış besiyeri berrak ve yeşil renktedir. LTB besi yerinde pozitif sonuç veren örneklerden 0.1 mL alınarak BLGB besiyerine eklenmiş ve 35-37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda durham tüpleri içerisinde hava kabarcığı oluşturan tüpler toplam koliform değerini vermek üzere pozitif sonuç olarak not edilmiştir.

Escherichia coli medium (EC Medium: Biolife; Milan, Italy) besiyeri, hazırlanarak içinde durham tüpü bulunan deney tüplerine 10'ar mL olacak şekilde dağıtılarak otoklavda 121 °C'de 15 dakika steril edilmiş ve buzdolabında hazır hale getirilmiştir. Hazırlanmış besiyeri berrak ve sarımsı-kahve renktedir. LTB besiyerinde durham tüpleri içerisinde gaz kabarcığı oluşturarak pozitif sonuç veren örneklerden 0.1 mL alınarak, hazırlanmış olan EC Medium besiyerine eklenmiş ve 44°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası pozitif EC Medium örneklerinden 1 öze alınarak Sorbitol MacConkey (SMAC: Biolife; Milan, Italy) ve Eosin Methylene Blue (EMB: Biolife; Milan, Italy) agar üzerine çizim ekim yapılarak jenerik *E. coli* için çapraz onaylama testi yapılmıştır.

Sorbitol MacConkey (SMAC) agar 51g/L konsantrasyonda olacak şekilde distile su içerisine eklenip iyice erimesi sağlandıktan sonra otoklavda 121 °C'de 15 dakika steril edilmiştir ve 45 °C'ye soğutulurken petri kutularına yaklaşık 15 mL olacak şekilde dökülmüştür. SMAC agarda pembe koloni oluşturan petriyerler pozitif sonuç olarak kaydedilmiştir. Eosin Methylene Blue (EMB) agar besiyeri 36.0 g/L olacak şekilde distile su içinde eritilerek, otoklavda 121 °C'de 15 dakika sterilize edilmiştir ve 45-50 °C'ye soğuduğunda steril petri kutularına yaklaşık 15 mL olarak dökülerek hazırlanmıştır. Hazırlanmış besiyeri berrak ve kırmızımsı-kahve görünümündedir. Koliform bakteriler mavi-siyah koloniler oluştururken, *Escherichia coli* kolonileri, laktozun hızlı fermentasyonuna bağlı olarak karakteristik bir yeşil metalik parlaklık sergileyebilir. Yapılan çalışmalarda alınan sonuçlarda çok fazla koliform bakteri kolonilerinin üremesinden dolayı çalışmadan çıkarılmıştır.

3.2.2 *Salmonella* varlığının belirlenmesi

3.2.2.1 Zenginleştirme

Lactose broth (LB: Biolife; Milan, Italy), double strength konsantrasyonda olacak şekilde distile suya eklenmiş ve 121 °C'de 15 dakika sterilize edilerek hazır hale getirilmiştir. Bu amaçla, iki kat güçlü (double strength) lactose broth zenginleştirme tüplerine aynı hacimde olacak şekilde 100 mL, örneklenen tarımsal sular ilave edilmiştir ve 35°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında, her bir tüpten 1 mL kültür 9 mL tetrathionate brotha (TTB) eklenmiştir ve tekrardan 35 ± 2 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. TTB'den alınan 0.1 mL kültürler Xylose-Lysine-Tergitol (XLD: Biolife; Milan, Italy) agar üzerine yayılmıştır. Daha sonra, 35 ± 2 °C'de 24 saat inkübasyon uygulanmıştır ve oluşan siyah renkli koloniler *Salmonella* için selektif olan Triple Sugar Iron Agar (TSI: Biolife; Milan, Italy) ve Lysine Iron Agar (LIA: Biolife; Milan, Italy) üzerine ekim yapılarak kontrolü sağlanmıştır. XLD agar üzerindeki siyah renk oluşturan tipik *Salmonella* kolonilerinden temsili koloni seçilerek moleküler analiz için saklanmıştır. Pozitif izolatlar PZR ile teyit için % 30 gliserol ve % 70 Tryptic Soy Broth karışımında (TSB: Biolife; Milan, Italy) -20 °C'de dondurularak saklanmıştır.

3.2.2.2 PZR analizi

Salmonella DNA'sını tespit etmek için *InvA* geninin varlığı kullanılmıştır. Zenginleştirme ve *InvA* gen bölgelesinin varlığının test edilmesi, Luo ve ark. (2015), tarafından kullanılan yöntem ile yapılmıştır. *InvA* primer set protokolü, Rahn ve ark. (1992); Kim ve ark. (2007) tarafından yayınlanan protokole göre modifiye edilmiştir. Primer sekanslar İleri için: 5'-GAATCCTCAGTTTTTCAACGTTTC-3' ve Geri için: TAGCCGTAACAACCAATACAAATG. 50 µL reaksiyon için PZR reaktif konsantrasyonları aşağıdaki gibidir: 31 µL su, 10 µL reaksiyon tamponu, 4 µL 25 mM MgCl₂, 0.4 µL 10 mM dNTP (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), 0.075 µL Go Taq DNA polimeraz ve her biri 2 µL 10 µM Primer ve 1 µL DNA şablonu. Pratikte, PZR reaksiyon karışımı, primerler haricinde yukarıda listelenen tüm reaksiyon muhteviyatlarını içeren 20 µL su, 25 uL Master Mix for PZR (Bio-Rad Laboratories, Inc., CA) ve her bir primerin 2 µL 10 µM'si ve 1 ML DNA şablonu şeklindedir. Her bir primer çifti için ideal konsantrasyon *InvAF/InvR* için 200 nmol/L'dur. PZR koşulları: erime için 10 dakika 94 °C, bunu takiben 30 saniye boyunca 94 °C, 30 saniye boyunca 60 °C, 1 dakika boyunca 72 °C ve 5 dakika boyunca 72 °C'lik bir nihai uzama şeklindedir. Jel elektroforezi,

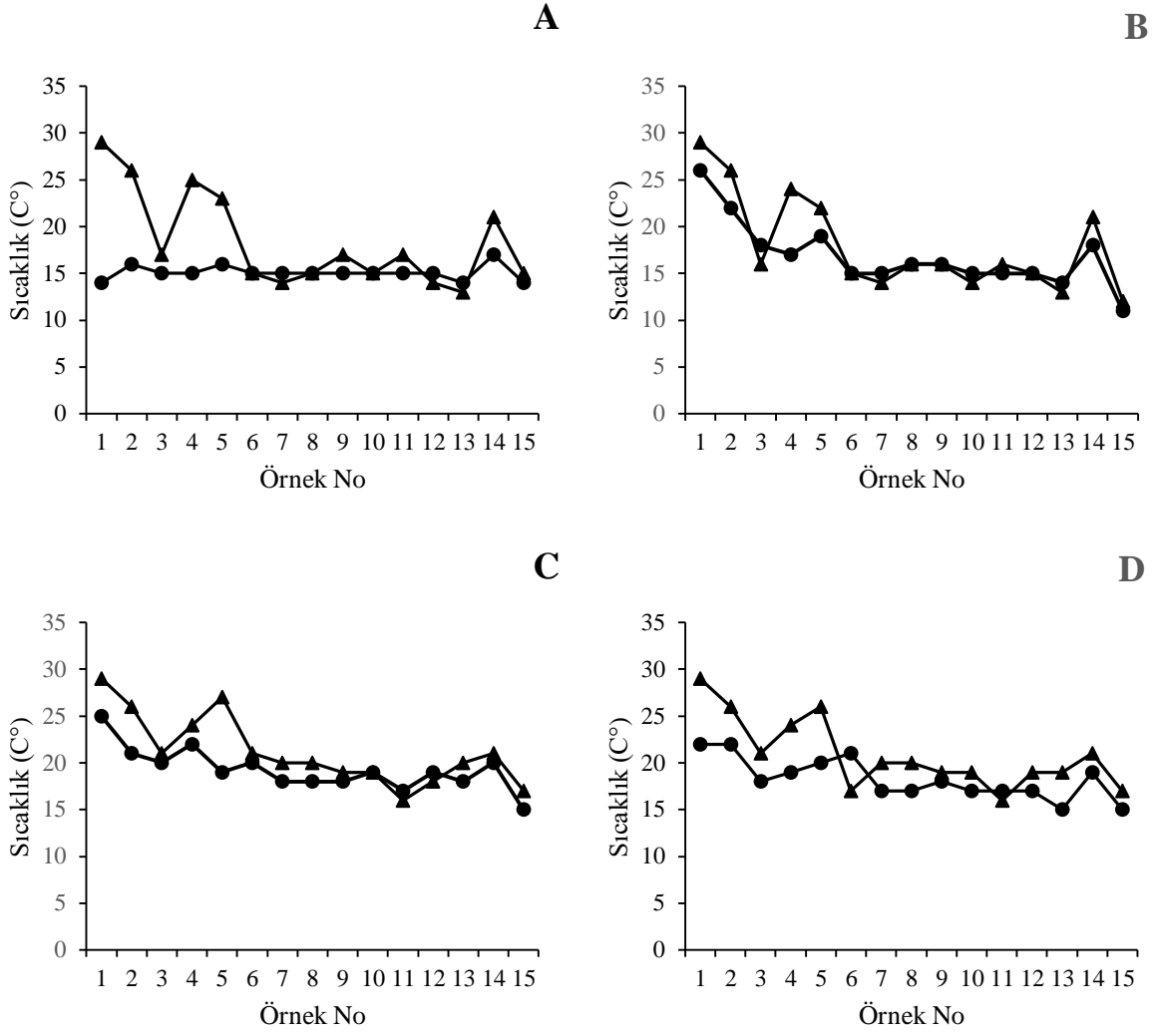
boyama için 2 µL etidyum bromit (10 mg/mL) içeren 50 mL % 2.0 agaroz jeli üzerinde 120 °C'de 60 dakika boyunca 1X TBE tamponu (Bio-Rad Laboratories, Inc., CA) ile gerçekleştirilmiştir. Pozitif kontrol için *Salmonella enterica* Typhimurium (ATCC 14028) ve negatif kontrol için jenerik *E. coli* (ATCC 25922) kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

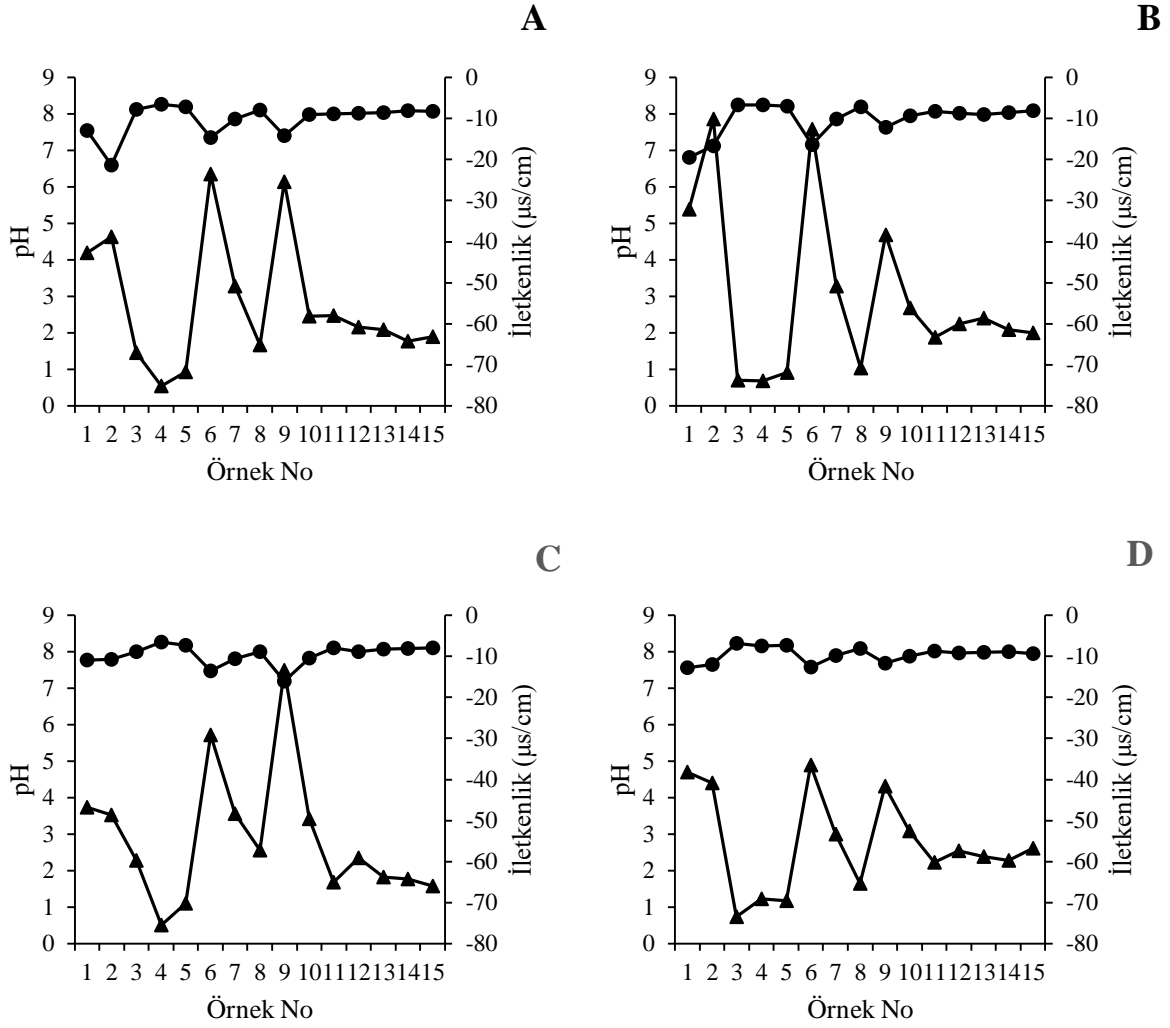
4.1 Araştırma Sonuçları

4.1.1 Suyun fiziksel analiz sonuçları

Muş ovası için alınan tarımsal sulama örneklerinin hava sıcaklığı ve su sıcaklığı değerleri Şekil 2.'de gösterilmiştir. Buna göre örnekleme yapıldığı kaynaklarda en yüksek hava sıcaklığı 30 °C, en düşük hava sıcaklığı ise 12 °C dir. Alınan su örneklerinde en yüksek su sıcaklığı ise 26 °C, en düşük su sıcaklığı 11 °C olarak ölçülmüştür. Örnekleme yapıldığı dört yüzey su kaynağı arasında en düşük su sıcaklık değerleri Murat Nehri'nde kaydedilmiştir. Hava sıcaklığı ve su sıcaklık değerleri dört yüzey su kaynağında da doğru orantılı olarak artmakta ve azalmaktadır. Örneklemeden elde edilen ortalama pH ve iletkenlik değerleri Şekil 3'de verilmiş olup, Murat Nehri için sırası ile 7.84 ve -55.07 µs/cm, Karasu için 7.84 ve -53.09 µs/cm, GY için 7.91 ve -54.45 µs/cm, GB için 7.92 ve -55.56 µs/cm olarak ölçülmüştür.

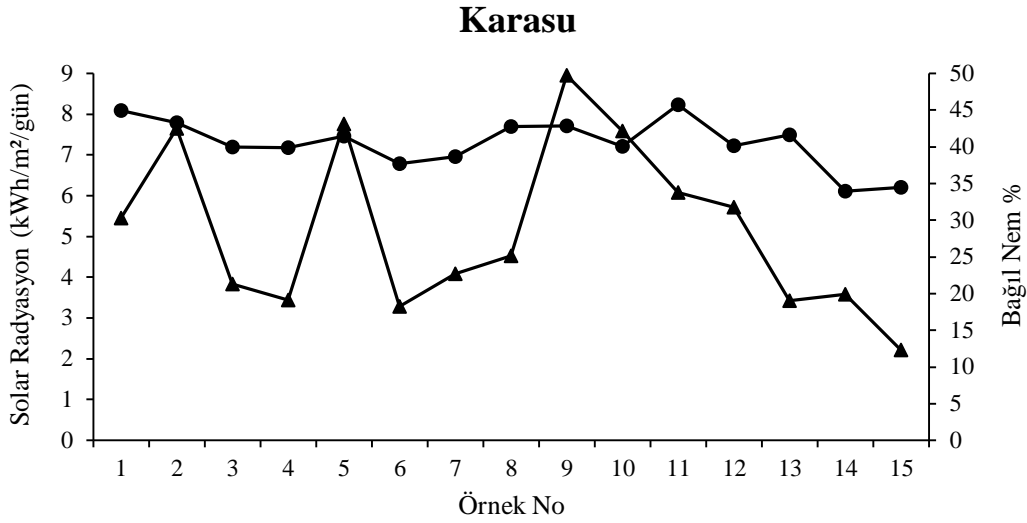


Şekil 2. Dört Yüzey Su Kaynağından Elde Edilen: (▲) Hava Sıcaklığı, (●) Su Sıcaklığı (A) Murat nehri, (B) Karasu, (C) Gölet Yurt, (D) Gölet Balık



Şekil 3. Dört Yüze Su Kaynağından Elde Edilen: (●) pH, (▲) İletkenlik dağılımı (A) Murat nehri, (B) Karasu, (C) Gölet Yurt, (D) Gölet Balık

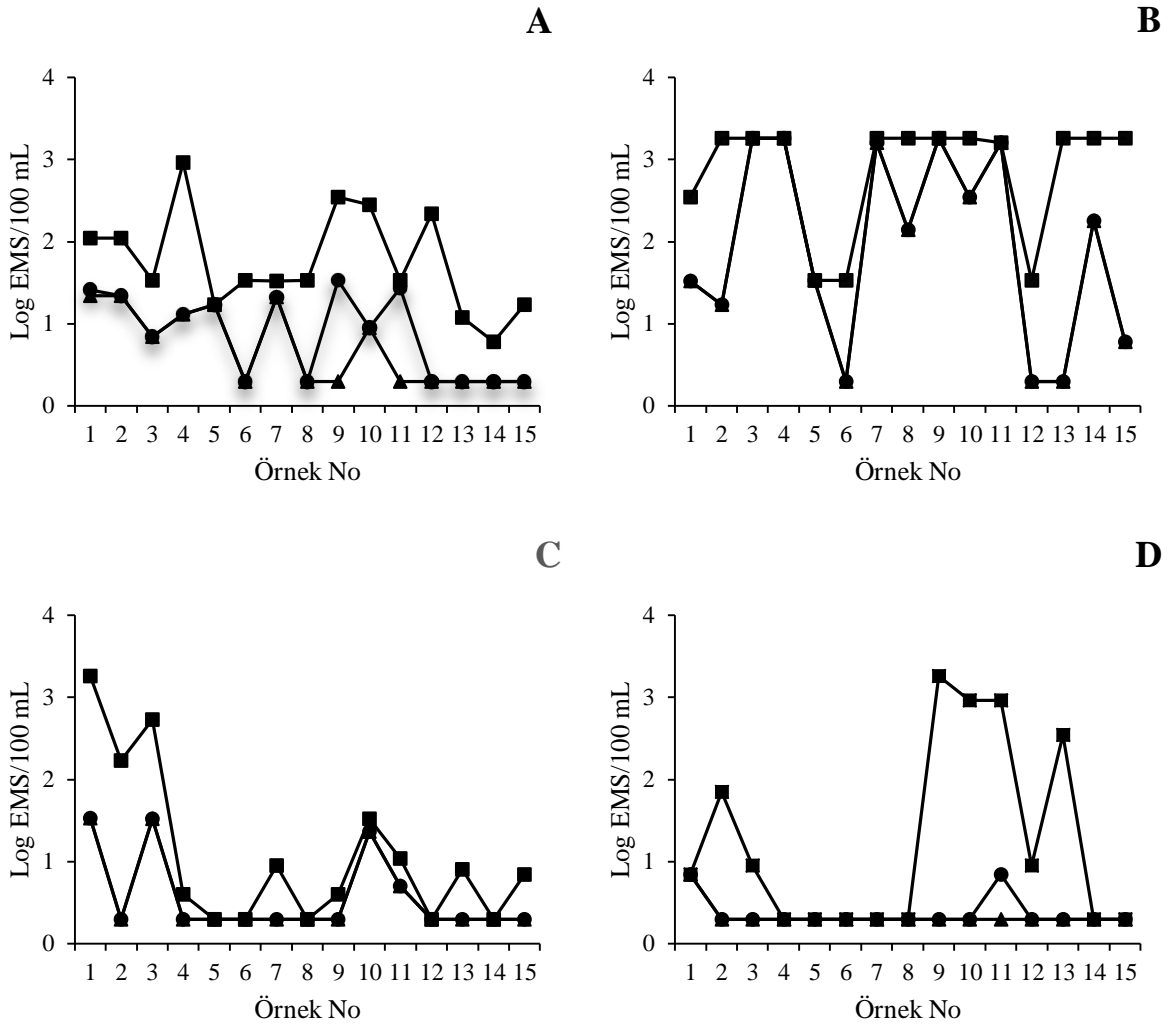
Örnekleme alınan noktalar birbirine çok uzak olmadığından dört yüze su kaynağının orta noktası sayılabilecek Karasu kaynağında ki solar radyasyon ve bağıl nem değerleri dört nokta içinde referans olarak kabul edilmiştir. Ortalama solar radyasyon değeri 7.29 kWh/m²/gün, ortalama bağıl nem değeri ise 28.72 % olarak ölçülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Dört Yüzey Su Kaynağının Orta Noktası Kabul Edilen Karasu İçin: (●) Solar Radyasyon, (▲) Bağıl Nem

4.1.2 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Elde edilen tüm mikrobiyolojik analiz sonuçları, Toplam Koliform, Fekal Koliform ve *E. coli* popülasyonları Şekil 5'te görüldüğü üzere birbirine benzer eğilimler göstermektedir. Fekal koliform ve *E. coli* değerleri dört sulama kaynağı içinde aynı değer aralıklarında sonuçlar verdiği için grafiklerde üst üste eğilim göstermiştir. Dört sulama kaynağı içinde Toplam Koliform sonuçları EMS analiz değerine göre en yüksek sonuçları vermiştir. Toplam Koliform Değerleri Murat Nehri için en yüksek değerini 2.96 log EMS/100 mL ile dördüncü örneklemede göstermektedir. Karasu Nehri için 11 örneklemin Toplam Koliform değerleri 3 ile 4 log EMS/100 mL arasında değişkenlik göstermektedir. GY ve GB sulama kaynağı için ise maksimum 3.26 log EMS/100 mL değerleri bir örneklemede görülsede genel itibariyle 0 ile 1 log EMS/100 mL değerleri arasında eğilim göstermektedir. Fekal Koliform GY ve GB için 0.30 log EMS/100 mL değerlerine yakın sonuçları versede bu değerler Karasu için ortalama 1.94 log EMS/100 mL ile diğer sulama kaynaklarından daha yüksek sonuç vermiştir. Aynı eğilim *E. coli* sonuçları içinde benzerlik göstermiştir. Dört sulama kaynağı arasında Karasu en yüksek *E. coli* sonuçlarını vermiştir.

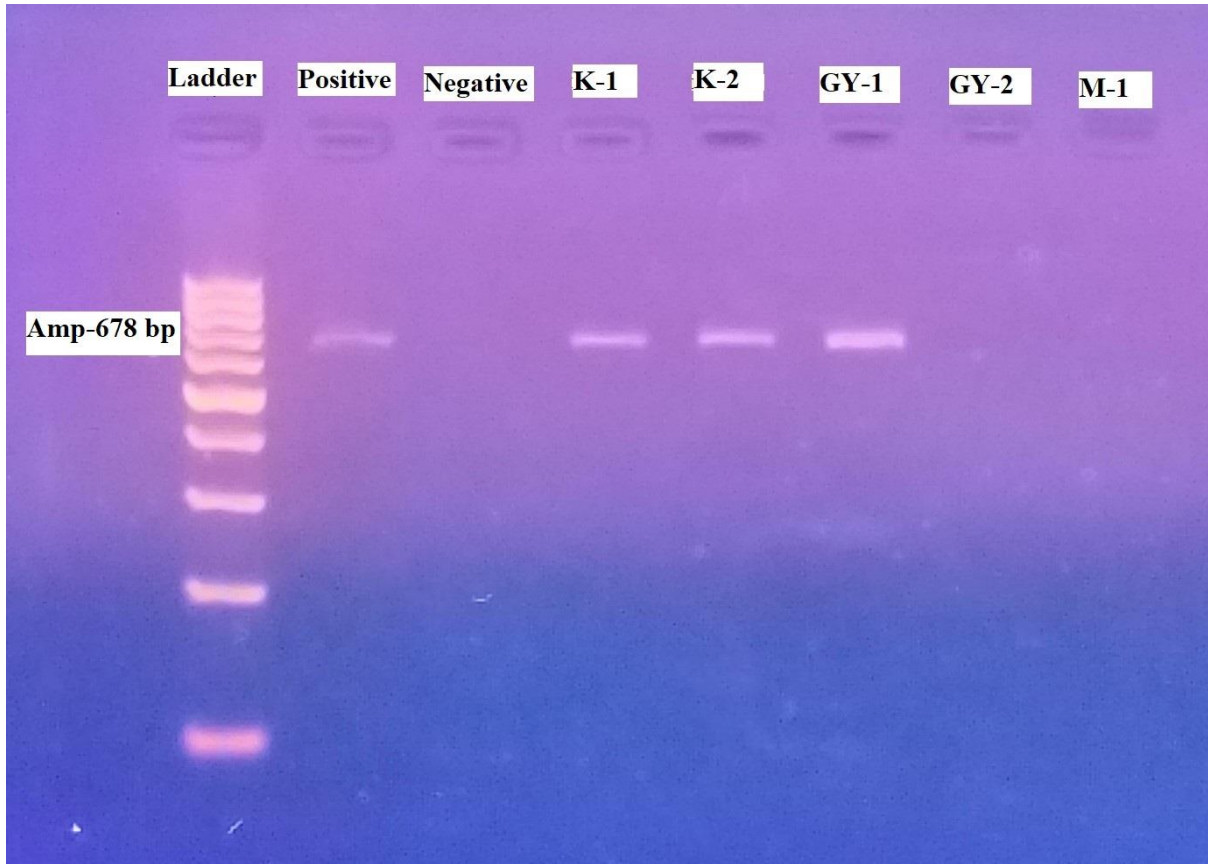


Şekil 5. En Muhtemel Sayı Analizine Göre Dört Yüzey Su Kaynağından Elde Edilen: (■) Toplam Koliform, (●) Fekal Koliform, (▲) *E. coli*, (A) Murat nehri, (B) Karasu, (C) Gölet Yurt, (D) Gölet Balık

*3.26'nın üstünde test limitleri olduğu için gerçek populasyon yakalanamamıştır.

4.1.3 *Salmonella* Analiz Sonuçları

Bu çalışmada, su kaynaklarından alınan örnekler kültür ve biyokimyasal yöntemle *Salmonella* izolasyonu için test edilmiş ve daha sonra *InvA* genine özgü PZR yöntemiyle doğrulanmıştır. Analiz edilen 60 su örneği içerisinde *Salmonella* için beş muhtemel pozitif sonuç elde edilmiştir. Yapılan PZR analiz sonuçları Şekil 6.'da gösterilmiştir. Buna göre iki tanesi Karasu Çayı (K), bir tanesi Gölet Yurt (GY) olmak üzere toplam üç su örneğinde *Salmonella* varlığı pozitif olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Muhtemel *Salmonella* izolatlarının *InvA* (678 bp Amplikon) için elde edilen jel görüntüsü. Ladder: 1000 bp DNA standardı. (K: Karasu; GY: Gölet Yurt; M: Murat).

4.2 Tartışma

Tarımsal suların, üretilen meyve ve sebzelerin üzerindeki mikrobiyal yük üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Kontamine olmayan meyve-sebze üretimi için mikrobiyolojik olarak kaliteli tarımsal sular kullanılmalıdır. Mikrobiyolojik kalitesi yüksek su özellikle fekal indikatör ve patojen mikroorganizma açısından kabul edilebilir parametrelerde olan su demektir. Tarımsal sulardaki patojen mikroorganizmaların belirlenmesinde indikatör mikroorganizmalar yaygın olarak kullanılmaktadır. İndikatör mikroorganizmalar ile patojen varlığı ve popülasyonu arasındaki ilişkileri anlamlandırarak, tarımsal su risklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Steele ve Odumeru (2004), yüzey sularında fekal kirlenme tespiti ve mikrobiyal su kalitesi için indikatör mikroorganizmalar olarak *E. coli*, fekal streptokoklar, enterokoklar ve toplam koliformları önermişlerdir. Ayrıca jenerik *E. coli* Amerikan Mikrobiyoloji Derneği (ASM) tarafından birincil mikrobiyal gösterge olarak belirlenmiştir (ASM, 2001). Bu çalışmada Muş Ovasında tarım sezonunda (Ağustos-Eylül) kullanılan tarımsal yüzey su kaynaklarının mikrobiyolojik ve fizikokimyasal analizlerinin yapılması planlanmıştır. Analizler için çeşitlilik olması düşünülerek Muş Ovası yüzey su kaynakları arasında bulunan akarsular ve göletler tercih edilmiştir. Yaptığımız çalışmada, tarımsal su kaynaklarındaki fekal kirlenmenin tespit edilmesi için toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* değerleri incelenmiştir. Toplam koliform değeri pozitif çıkan su örneklerinde fekal koliform ve *E. coli* varlığı pozitif sonuç olarak gözlenmiştir. Toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* değerleri dört sulama kaynağı içinde aynı değer aralıklarında pozitif sonuçlar vermişlerdir.

Yüzey sulama suları sürekli olarak çeşitli çevresel faktörlere maruz kalmaktadır. Patojenler ve indikatör mikroorganizma konsantrasyonları, tarımsal su kaynaklarındaki iç ve dış değişkenlerle bağlı olarak değişebilir. İç faktörlerden bazıları, su kaynağının türü, predatörlerin varlığı, bakteriyofaj lizisi, suyun fiziko kimyasal özellikleri, alglerin varlığı, besin ögesi kullanılabilirliği ve diğer organizmalarla etkileşimi içerir (Chandran ve Hatha, 2005). Besin sıkıntısının mikrobiyolojik popülasyon üzerindeki önemi kanalizasyon ve göl suyunda test edilmiş ve mikrobiyolojik konsantrasyonu organik besin maddelerinin bulunabilirliği ve bakteriyofajların varlığı ile ilişkilendirilmiştir (Sinclair ve Alexander, 1984; Ricca ve Cooney, 1999; Vijayavel ve ark., 2014). İç faktörler yanında patojen ve indikatör mikroorganizmalarının popülasyonunu etkileyebilecek dış faktör listesine, su kaynakları çevresindeki tarımsal faaliyetler, vahşi hayvanlar varlığı (Topalcengiz ve ark., 2020a; Topalcengiz ve ark., 2020b), günün saati (güneş radyasyonu) (Meays ve ark., 2006; Whitman ve ark., 2004), hava olayları,

sıcaklık, akış ve yağış dahil edilebilir (Topalcengiz ve ark., 2017). Tarımsal su kaynaklarında patojenlerin varlığı, farklı bölgeler ve patojen türleri için yaygın bir şekilde çalışılmıştır. Johnson ve ark. (2003), yaptıkları geniş çaplı bir çalışmada su numunelerinde *E. coli* O157: H7 ve *Salmonella* türlerinin bulunduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, hayvan gübreleri sıklıkla enterik patojenik mikroorganizmalar da içerir ve tarlalarda uygulaması sonucunda patojen girişine yol açabilir (Pell, 1997). Close ve ark. (2008), yoğun hayvancılık ve sınır şeridi sulama (salma sulama) yapılan bölgelerde *E. coli* ve *Campylobacter*'i sırasıyla numunelerin % 75 ve % 12'sinde tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada örneklerin alındığı su kaynaklarının yakınlarında yapılan hayvancılık faaliyetleri, su kaynaklarının içinde ve etrafında hayvan dışkılarının gözlenmesi elde ettiğimiz toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* değerlerindeki pozitif sonuçları beklenildiği şekilde doğruladığı düşünülmektedir.

Ayrıca yağış ve tarımsal faaliyetler, tarımsal yüzey suyunun kontaminasyonuna ve indikatör mikroorganizmaların konsantrasyonunun artmasına neden olabilir (Pachepsky ve ark., 2011). Fakat yapılan çalışmaların bazılarında yağışlar ve mikrobiyal göstergeler arasında tutarsız sonuçlar bildirilmiştir. Yağışlardan sonra meydana gelen nehirdeki artan su akış hızı ile *E. coli* ve *E. coli* O157: H7 popülasyonlarındaki artış ilişkilendirilmiştir (Cooley ve ark., 2007). Santiago Rodriguez ve ark. (2012), yağmurun olası seyreltme etkisinden dolayı yağışlardan sonra ısıya dayanıklı koliform konsantrasyonlarında azalma tespit edilmesine rağmen şiddetli yağışların dip çökeltilerinde meydana getirdiği hareketlilikten dolayı koliform konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlara paralel olarak yapılan bir çalışmada fiziksel ve çevresel özellikler ile mikrobiyal göstergelerin varlığı arasında bir bağlantı kurulamamıştır (Draper ve ark., 2016). Topalcengiz ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada yağışların bazı dönemlerde indikatör mikroorganizma konsantrasyonunu etkilediğini fakat indikatör mikroorganizma popülasyonları ile yağış oranları arasında tutarlı ilişkiler olmadığını açıklamışlardır. Won ve ark. (2013), mikrobiyal gösterge konsantrasyonları ile yağışlar arasında bir ilişki bulamamıştır. Çalışmalardaki farklı sonuçlara göre yağışların yüzey su kaynaklarındaki mikrobiyal gösterge üzerinde bir etkisi olabileceğini fakat su kaynağının diğer özellikleri ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Su örneklerinin alındığı dönemde yağışlı havalarda meydana gelmediği için bununla ilgili bir değerlendirme yapılamamıştır.

Pachepsky ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada sulama suyunun mikrobiyal kalitesinin su kaynağından kullanılacak olan alana taşınması ve dağıtımını sırasında meydana gelen süreçte sulama suyunun tabanındaki dip tortusu, yosunlar ve kenar topraklar da dahil olmak üzere su ile doğrudan temas halinde olan mikrobiyal rezervuarlardan da etkilendiğini açıklamışlardır. Su kaynağının yerli biyotası, mikroorganizmanın hayatta kalması üzerinde birçok etkiye sahip olabilir. Hem amiplerin hem de yosunların, çok hızlı bir şekilde kaybolan su bazlı bir patojen olan *Campylobacter*'in yaşamını arttırdığı gösterilmiştir (Axelsson-Olsson ve ark., 2010). Yaptığımız bu çalışmada incelediğimiz su örneklerindeki pozitif sonuçların su kaynağı boyunca meydana gelen değişikliklerden etkilendiği düşünülmektedir. Arıtılmamış atık sular genellikle dışkı kaynaklı patojenleri ve insanlar için spesifik olan birçok patojen içerebilir ve bu patojenler genellikle yüzey sularında bulunmazlar (Feachem ve ark., 1983). Arıtılmamış atık su veya yanlış arıtılmış atık su içeren nehirler veya göller gibi yüzey suları hepatit A, norovirüsler veya enterovirüsler içerebilir (Bagdasaryan, 1964). Atık sular özellikle dışkı kaynaklı patojenler içerebilir ve fekal kontaminasyona neden olabilir. Arıtılmamış atık su ile sulama yapılan bölgelerdeki çocuklarda önemli ölçüde yüksek miktarda *Salmonella* enfeksiyonu görülmüştür (Melloul ve Hassani, 1999). Yaptığımız çalışmada incelenen su örneklerinde dışkı kaynaklı kontaminasyon göstergesi olan fekal koliform değerlerinin ve patojen *Salmonella* nın pozitif sonuç vermesi sulara atık su karışmış olma ihtimalini düşündürmektedir. Özellikle *Salmonella* varlığı açısından pozitif sonuç veren Karasu Çayında akan su kaynağı boyunca kanalizasyon hatlarında muhtemel sızma meydana gelmesiyle atık su karışma ihtimali olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Karasu Çayı çevresindeki kanatlı eti kombinasyonunun diğer test edilen su kaynaklarına göre *Salmonella* varlığında yüksek etkisi olduğu düşünülmektedir.

Sürüngenler, yabani ve evcil hayvanlar, ev hayvanları ve kuşların *Salmonella*'nın biyotik kaynaklarından bazıları olduğu bildirilmiştir (Gaertner ve ark. 2008). *Salmonella* için pozitif sonuç veren GY hiçbir akarsu ile bağlantısı olmayan bir gölettir ve örnekleme dönemi boyunca su kaynağında inek, manda, kurbağa ve kuşlar gibi bol miktarda hayvan aktiviteleri ile gübre kalıntıları gözlenmiştir. GY de ki potansiyel patojen kaynakları olarak gübreler, vahşi ve evcileştirilmiş hayvanlar, su kaynağının etrafındaki topraklar veya dip tortusu olabileceği düşünülmektedir. Hayvan gübreleri sıklıkla enterik patojenik mikroorganizmalar içerir ve patojen girişine yol açabilir (Pell, 1997). Yüzey su kaynakları üzerinde yapılan bir araştırmada, su örnekleri ile sığır, domuz ve kümes hayvanlarının dışkılarından oluşan gübrelerdeki patojenlerin konsantrasyonu arasında doğrudan ilişki bulunmuştur (Johnson ve ark., 2003).

Patojen ve indikatör mikroorganizmaların sudaki konsantrasyonu günlük, aylık zamanlara ve su kaynaklarının buldukları bölgelere göre değişkenlik gösterebilir. Stoeckel (2009), yüzey su örnekleri üzerinde yaptığı geniş çaplı örneklemeler sonucunda, *E. coli* değerlerinin her su kaynağı için oldukça farklı değerlere sahip olduğunu bildirmiştir. Meays ve ark. (2006), farklı akarsularda aynı gün içinde sabahtan öğlene kadar yaptıkları örneklemelerde ölçülen *E. coli* konsantrasyonlarında sabahtan öğlene kadar azalma eğilimi görülmüştür. Whitman ve ark. (2004), verilerine göre *E. coli* konsantrasyonları arasındaki sabah ve öğleden sonraki farklılık güneşli günlerde daha yüksek iken ve bulutlu günlerde daha az olarak bildirilmiştir. Güneşli günlerde, *E. coli* konsantrasyonu öğleden sonraya doğru düşmektedir. Yaptığımız örneklemelerde suyun mikrobiyal kalitesi ile su kaynaklarının bulunduğu bölgeler arasında tek başına bir ilişki kurulamamıştır. Fakat suyun mikrobiyal kalitesini, su kaynaklarının bulunduğu bölgedeki tarım alanlarının varlığı, hayvan aktiviteleri, insan etkileri ve su örneklerinin alındığı andaki hava ve su sıcaklığı gibi çevresel faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

İndikatör mikroorganizmalar ve patojenler arasındaki korelasyonun mümkün olabileceği gibi bu korelasyon sistematik olmayan etkilere göre değişebilir veya geçici olabilir. Örneğin, Ijabadeniyi ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada toplam koliform ve dışkı koliformları ile *Salmonella*'nın varlığı arasında yüksek korelasyon olduğunu göstermiştir. Fakat, Benjamin ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada ise, indikatör olarak kullanılan jenerik *E. coli* popülasyonu ile *E. coli* O157: H7 veya *Salmonella*'nın varlığı ile ilgili herhangi bir korelasyon gözlenmemiştir. Bir başka çalışmada, patojen mikroorganizma seviyelerinin jenerik *E. coli* ve diğer fekal indikatör bakterilerle ilişkili olmadığı ileri sürülmüştür (Mauro ve ark., 2013). Yaptığımız bu çalışmada indikatör olarak incelediğimiz toplam ve fekal koliform ve *E. coli* değerlerinde pozitif sonuç aldığımız su örneklerinin tamamı patojen *Salmonella* değeri açısından pozitif sonuç vermemiştir. Yüksek popülasyonlarda indikatör mikroorganizma ve patojenlerin tespit edildiği bölgelerde ise daha yüksek korelasyonlar gözlenmiştir ve patojenlerin birçoğu mikrobiyolojik indikatörler esas alınarak tespit edilebilir (Payment ve Locas, 2011). Elde ettiğimiz bu sonuçlarda yapılan çalışmalarla benzer değerlendirmeleri vererek indikatör mikroorganizmaların varlığı ile patojen *Salmonella* varlığı arasında kesin ilişki olmamasına rağmen *Salmonella* için pozitif sonuç veren örnekler toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* değerleri içinde pozitif sonuç olarak incelenmiştir. İndikatör ve patojen

mikroorganizmalar arasındaki korelasyonun varlığını tam olarak anlayabilmek için çalışmalar devam etmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tarım alanında kullanılan yağmurlama sulama, salma sulama, damla sulama vb. gibi çok çeşitli sulama tipleri olmasına rağmen suyun temin edildiği ana su kaynakları için birden fazla patojen kaynağı bulunmaktadır. Sebze ve meyveler tarladaki üretiminden, toplanması, paketlenmesi ve sofraya ulaşmasına kadar geçen tüm aşamalarda yüksek kirlenme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle tarımsal suyun güvenliği oldukça önemlidir.

Muş Ovasındaki tarımsal yüzey suların mikrobiyolojik kalitesini belirlemek üzere yaptığımız bu çalışmada dört farklı yüzey su kaynağından toplamda 60 adet su örneğinin fiziksel ve mikrobiyolojik analizleri incelenmiştir. Alınan bu örneklerde toplam koliform, fekal koliform, *E. coli* değerleri ve *Salmonella* varlığı araştırılmıştır. Mikrobiyolojik incelemeler sonucunda *Salmonella* için beş muhtemel pozitif sonuç bulunmuş ve bu sonuçlara *invA* bölgesi kullanılarak PZR analizi yapılmıştır. PZR analizi sonrasında Karasu Çayından alınan iki su örneğinde ve Gölet Yurttan alınan bir su örneğinde pozitif *Salmonella* değeri bulunmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda tarımsal sulamada kullanılan kaynakların üretilen sebze ve meyveler için kontaminasyon kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Gıdalardaki patojen kaynaklı hastalıkların ve salgınların riskini en aza indirmek için tarımsal ürünlerin güvenlik standartlarının geliştirilmesi ve bu standartların uygulanması çok önemlidir. Hem pratikte uygulanabilirliği hemde uygun maliyetlerinden dolayı tüketilen gıdalar patojenlerle kontamine olmadan önce gerekli önlemler alınmalıdır. Tarımsal suların kullanıldığı bölgedeki hayvan aktivitelerinin en aza indirgenmesi, kullanılan gübrelerin tarımsal sulara karışmasının engellenmesi, sulama kuyularının ve su kanallarının toprakla temasını azaltmak için engellerle çevrelenmesi, yetiştirilen ürün çeşitine göre su kalitesinin belirlenmesi, hasat öncesi yüksek kalitede tarımsal su kullanılması, atık sulardan kaynaklanan kontaminasyonları azaltmak için meydana gelebilecek sızıntıları engellemek ve artılmış atık su kullanmak alınabilecek önlemler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, üretim endüstrisi, özellikle tarımsal su kalitesi, toprak yapısındaki değişiklikler ve büyük hasat öncesi kontaminasyon yolları ile ilgili olarak mikrobiyolojik güvenliği artırmak için önerilen yöntemleri doğrulamalı ve daha etkin ve uygun maliyetli yaklaşımları değerlendirmelidir.

KAYNAKLAR

- Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z. 2010. Türkiyede su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (1), 67-74.
- Alderisio, K. A., N. DeLuca. 1999. Seasonal enumeration of fecal coliform bacteria from the feces of ring-billed gulls (*Larus delawarensis*) and Canada geese (*Branta canadensis*), *Applied Environmental Microbiology*, 65, 5628–5630.
- American Society for Microbiology (ASM), 2001. ASM Comments on total coliform rule. <http://www.asm.org/index.php/documents/statements-and-testimony?id=2351>. [Erişim Tarihi: 20/03/2020].
- Ashbolt, N. J. 2004. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*, 198, 229–238.
- Axelsson-Olsson, D., Olofsson, J., Svensson, L., Griekspoor, P., Waldenström, J., Ellström, P., and Olsen, B. 2010. Amoebae and algae can prolong the survival of *Campylobacter* species in co-culture. *Experimental Parasitology*, 126, 59–64.
- Bagdasaryan, G. A. 1964. Survival of viruses of the enterovirus group (poliomyelitis, ECHO, Coxsackie) in soil and on vegetables. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology*, 8, 947–505.
- Barker-Reid, F., Harapas, D., Engleitner, S., Kreidl, S., Holmes, R., Faggian, R. 2009. Persistence of *Escherichia coli* on injured iceberg lettuce in the field, overhead irrigated with contaminated water. *Journal of Food Protection*, 72, 458–464.
- Barrell, R. A. E., P. R. Hunter, G. Nichols. 2000. Microbiological standards for water and their relationship to risk, *Communicable Disease Public Health*, 3, 8–13
- Bastos, R. K. X., D. D. Mara. 1995. The bacterial quality of salad crops drip and furrow irrigated with waste stabilization pond effluent: an evaluation of the WHO guidelines, *Water Science and Technology*, 31, 425–430.
- Benjamin, L., Atwill, E.R., Jay-Russell, M., Cooley, M., Carychao, D., Gorski, L., Mandrell, R.E., 2013. Occurrence of generic *Escherichia coli*, *E. coli* O157 and *Salmonella* spp. in water and sediment from leafy green produce farms and streams on the Central California coast, *International Journal of Food Microbiology*, 165, 65-76.
- Bernstein, N., Sela, S., Neder-Lavon, S. 2007. Effect of irrigation regimes on persistence *Salmonella enterica* serovar Newport in small experimental pots designed for plant cultivation. *Irrigation Science*, 26, 1–8.
- Beuchat, L. R. 1999. Survival of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces applied to lettuce and the effectiveness of chlorinated water as a disinfectant. *Journal of Food Protection*, 62, 845– 849
- Blumenthal, U. J., Mara, D. D., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G., Stott, R. 2000. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: Recommendations for revising WHO guidelines, *World Health Organization*, 78, 1104–1116.
- Boyer, D. G. 2008. Fecal coliform dispersal by rain splash on slopes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 1395–1400.
- Brandl, M.T., 2006. Fitness of human enteric pathogens on plants and implications for food safety. *Annual Review of Phytopathology*, 44, 367-392.
- Burnett, S.L., Beuchat, L.R., 2001. Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 27, 104-110.
- Castillo, A., Martínez-Téllez, M.A., Rodríguez-García, M.O., 2014. The produce contamination problem, second ed. *Academic Press*, San Diego, California, pp. 207-236.

- Chandran, A., Hatha, M.A.A., 2005. Relative survival of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in a tropical estuary, *Water Research*, 39, 1397-1403.
- Cifuentes, E. 1998. The epidemiology of enteric infections in agricultural communities exposed to wastewater irrigation: perspectives for risk control. *International Journal of Environmental Health Resources*, 8, 203–213.
- Close, M., Dann, R., Ball, A., Pirie, R., Savill, M., Smith, Z. 2008. Microbial groundwater quality and its health implications for a border-strip irrigated dairy farm catchment, South Island, New Zealand, *Journal of Water Health*, 6, 83–98.
- Cooley, M., Carychao, D., Crawford-Miksza, L., Jay, M. T., Myers, C., Rose, C., Keys, C., Farrar, J., Mandrell, R. E. 2007. Incidence and tracking of *Escherichia coli* O157:H7 in a major produce production region in California. *PLoS One* 2, 2-11.
- Cordier, J-L., International Commission on Microbiological Specifications of Foods (ICMSF), 2013. *Listeria monocytogenes*. In: Doyle, M.P., Buchanan, R.L. (Eds.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, fourth ed. *American Society for Microbiology Press*, Washington, DC, pp. 80-91.
- Cummings, K., E. Barrett, J. C. Mohle-Boetani, J. T. Brooks, J. Farrar, T. Hunt, A. Fiore, K. Komatsu, S. B. Werner, L. Slutsker. 2001. A multistate outbreak of *Salmonella enterica* serotype baidon associated with domestic raw tomatoes. *Emerging Infectious Diseases*, 7, 1046–1048.
- Delaquis, P., Bach, S., Dinu, L.-D. 2007. Behavior of *Escherichia coli* O157:H7 in leafy vegetables, *Journal of Food Protection*, 70, 1966–1974.
- Draper A.D., Doores S., Gourama H., Laborde LF. 2016. Microbial survey of Pennsylvania surface water used for irrigating produce crops, *Journal of Food Protection*, 79, 902-916.
- Duan, H., Chai, T., Cai, Y., Zhong, Z., Yao, M., Zhang, X. 2008. Transmission identification of *Escherichia coli* aerosol in chicken houses to their environments using ERIC-PZR. *Sci. China C Life Sci.* 51, 164–173.
- Dunne Jr., W.M. 2002. Bacterial adhesion: seen any good biofilms lately? *Clinical Microbiology Reviews*, 15, 155-166.
- Duris, J. W., Haack, S. K., Fogarty, L. R. 2009. Gene and antigen markers of Shigatoxin producing *E. coli* from Michigan and Indiana river water: Occurrence and relation to recreational water quality criteria, *Journal of Environmental Quality*, 38, 1878–1886
- Erickson, M. C., Webb, C. W., Diaz-Perez, J. C., Phatak, S. C., Silvoy, J. J., Davey, L., Payton, A. S., Liao, J., Ma, L., Doyle, M. P. 2010. Infrequent internalization of *Escherichia coli* O157:H7 into field-grown leafy greens. *Journal of Food Protection*, 73, 500–506.
- Feachem, R. G., D. J. Bradley, H. Garelick, D. D. Mara. 1983. Sanitation and disease; health aspects of excreta and wastewater management: World Bank studies in water supply and sanitation 3. *The World Bank*, Washington, D.C.
- Florida Administrative Code (FAC), 2011. Wastewater rules. <https://floridadep.gov/ogc/ogc/content/rules> [Erişim Tarihi: 11/10/2020].
- Food and Drug Administration (FDA), 1998. Guidance for Industry: Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-guide-minimize-microbial-food-safety-hazards-fresh-cut-fruits-and-vegetables> [Erişim Tarihi: 11/10/2020]
- Food and Drug Administration (FDA), 2007. FDA and States Closer to Identifying Source of *E. coli* Contamination Associated with Illnesses at Taco John's Restaurants. <https://sfda.gov.sa/en/warnings/1991> [Erişim Tarihi: 23/11/2020]

- Gagliardi, J. V., J. S. Karns. 2002. Persistence of *Escherichia coli* O157:H7 in soil and on plant roots, *Environmental Microbiology*, 4, 89–96.
- Gaertner JP, Hahn D, Rose FL, Forstner MJ. 2008. Detection of Salmonellae in different turtle species within a headwater spring ecosystem, *Journal of Wildlife and Diseases*, 44 (2) 519-526.
- Gary, H. L., S. R. Johnson, S. L. Ponce. 1983. Cattle grazing impact on surface water quality in a Colorado front range stream. *Journal of Soil Water Conservation*, March–April, 124–128.
- Gerba, C. P. 2009. The role of water and water testing in produce safety, *Microbial Safety of Fresh Produce*, Blackwell Publishing, Indianapolis, USA, pp. 129–142.
- Gerba, C. P., and Rose, J. B. 2003. International guidelines for water recycling: Microbiological considerations. *Water Science and Technology*, 3, 311–316.
- Gerba, C.P., Rock, C., 2014. Water quality. In; Matthews K.R., Sapers, G.M., Gerba, C.P. (Eds.), *The Produce Contamination Problem*, second ed. *Academic Press*, San Diego, California, pp. 123-138.
- Gomes, C., Da Silva, P., Moreira, R. G., Castell-Perez, E., Ellis, A., Pendleton, M. 2009. Understanding *E. coli* internalization in lettuce leaves for optimization of irradiation treatment. *International Journal of Food Microbiology*, 135, 238–247
- Greene, S.K., Daly, E.R., Talbot, E.A., Demma, L.J., Holzbauer, N., Patel, N.J., Hill, T.A., Walderhaug, M.A., Hoekstra, R., Lynch, M.F., Painter, J.A., 2008. Recurrent multistate outbreak of *Salmonella newport* associated with tomatoes from contaminated fields, *Epidemiology of Infection*, 136, 157-165.
- Gu, G., Luo, Z., Cavellos-Cavellos, J.M., Adams, P., Vellidis, G., Wright, A.C., van Bruggen, A.H.C., 2013. Factors affecting the occurrence of *Escherichia coli* O157 contamination in irrigation ponds on produce farms in the Suwannee River Watershed, *Canadian Journal of Microbiology*, 59, 175-182.
- Guo, X., Chen, J. R., Brackett, R. E., Beuchat, L. R. 2001. Survival of Salmonellae on and in tomato plants from the time of inoculation at flowering and early stages of fruit development through fruit ripening. *Applied Environmental Microbiology*, 67, 4760–4764.
- Hamilton, A. J., Stagnitti, F., Premier, R., Boland, A.-M., Hale, G. 2006. Quantitative microbial risk assessment models for consumption of raw vegetables irrigated with reclaimed water. *Applied Environmental Microbiology*, 72, 3284–3290.
- Heaton, J. C., Jones, K. 2008. Microbial contamination of fruit and vegetables and the behavior of enteropathogens in the phyllosphere: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 104 (3), 613-626.
- Ijabadeniyi, O.A., Debusho, L.K., Vanderlinde, M., Buys, E.M., 2011. Irrigation water as a potential preharvest source of bacterial contamination of vegetables. *Journal of Food Safety*, 31, 452-461.
- Işık, H., Topalcengiz, Z., Güner, S., Aksoy, A., 2020. Generic and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (O157: H7) contamination of lettuce and radish microgreens grown in peat moss and perlite. *Food Control*, 111(), 107079.
- Jjemba, P. K., Weinrich, L. A., Cheng, W., Giraldo, E., LeChevallier, M. W. 2010. Regrowth of potential opportunistic pathogens and algae in reclaimed water distribution systems, *Applied Environmental Microbiology*, 76, 4169–4178.
- Johnson, J. Y., Thomas, J. E., Graham, T. A., Townshend, I., Byrne, J., Selinger, L. B., Gannon, V. P. 2003. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in surface

- waters of southern Alberta and its relation to manure sources, *Canadian Journal of Microbiology*, 49, 326–335.
- Kim, J.S., Lee, G.G., Park, J.S., Jung, Y.H., Kwak, H.S., Kim, S.B., Nam, Y.S., Kwon, S.T. 2007. A novel multiplex PZR assay for rapid and simultaneous detection of five pathogenic bacteria: *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, and *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Food Protection*, 70 (7), 1656-1662.
- Lapidot, A., Yaron, S. 2009. Transfer of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium from contaminated irrigation water to parsley is dependent on curli and cellulose, the biofilm matrix components. *Journal of Food Protection*, 72 (3), 618–623.
- Leifert, C., Ball, K., Volakakis, N., Cooper, C. 2008. Control of enteric pathogens in ready-to-eat vegetable crop in organic and ‘low input’ production systems: A HACCPbased approach, *Journal of Applied Microbiology*. 105 (4), 931–950.
- Luo, Z., Gu, G., Ginn, A., Giurcanu, M.C., Adams, P., Vellidis, G., van Bruggen, A.H.C., Danyluk, M.D., Wright, A.C., 2015. Distribution and characterization of *Salmonella enterica* isolates from irrigation ponds in the Southeastern U.S.A, *Applied and Environmental Microbiology*, 81, 4376-4387.
- Meays, C. L., Broersma, K., Nordin, R., Mazumder, A., and Samadpour, M. 2006. Diurnal variability in concentrations and sources of *Escherichia coli* in three streams. *Canadian Journal of Microbiology*. 52, 1130–1135.
- Mandrell, R. E. 2011. Tracing pathogens in fruit and vegetable production chains. In “Tracing pathogens in the food chain” (S. Brul, P. M. Fratamico, and T. McMeekin, Eds.), pp. 548–595. *Woodhead Publishing Ltd.*, Cambridge, UK.
- Mandrell, R. E., Gorski, L., Brandl, M. T. 2006. Attachment of microorganisms to fresh produce, *Microbiology of Fruits and Vegetables*, CRC, Taylor & Francis, Boca Raton, FL. 33–74
- Massone, H. E., Martinez, D. E., Conchi, J. L., Bocanegra, E. 1998. Suburban areas in developing countries and their relationship to groundwater pollution: a case study of Mar del Plata, Argentina, *Environmental Management*, 22, 245–254.
- Mauro, S.A., Opalko, H., Lindsay, K., Colon, M.P., Koudelka, G.B., 2013. The microcosm mediates the persistence of shiga toxin-producing *Escherichia coli* in freshwater ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology*, 79, 4821-4828 .
- McEgan, R., Mootian, G., Goodridge, L.D., Schaffner, D.W., Danyluk, M.D., 2013. Predicting *Salmonella* populations from biological, chemical, and physical indicators in Florida surface waters, *Applied and Environmental Microbiology*, 79, 4094-4105.
- Melloul, A. A., Hassani, L., Rajouk, L. 2001. *Salmonella* contamination of vegetables irrigated with untreated wastewater. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17 (2), 207–209.
- Melloul, A. A., and Hassani, L. 1999. *Salmonella* infection in children from the wastewater-spreading zone of Marrakesh city (Morocco). *Journal of Applied Microbiology*, 87, 536–539.
- Metcalf, Eddy. 2007. *Water Reuse*. McGraw Hill. USA.
- Mitchell, R. F., Hanks, L. M. 2009. Insect frass as a pathway for transmission of bacterial wilt of cucurbits. *Environmental Entomology*, 38, 395–403.
- Mitra, R., Cuesta-Alonso, E., Wayadande, A., Talley, J., Gilliland, T., Fletcher, D. J. 2009. Effect of route of introduction and host cultivar on the colonization, internalization, and movement of the human pathogen *Escherichia coli* O157:H7 in spinach. *Journal of Food Protection*, 72, 1521–1530.

- Mootian, G., Wu, W.-H., Matthews, K. R. 2009. Transfer of *Escherichia coli* O157:H7 from soil, water, and manure contaminated with low numbers of the pathogen to lettuce plants, *Journal of Food Protection*, 72, 2308–2312.
- O'Connor, G. A., Elliott, H. A., Bastian, R. K. 2008. Degraded water reuse: An overview. *Journal of Environmental Quality*, 37, 157–168.
- Oron, G. 2002. Effluent reuse in agricultural production. In Modern and traditional irrigation technologies in the eastern Mediterranean, Ozay, M., Bicak, H.A., IDRS, Chapter 9, 174–193.
- Pachepsky, Y., Shelton, D. (2011). *Escherichia coli* and fecal coliforms in freshwater and estuarine sediments. *Critical Reviews Environmental Science and Technology*, 41, 1067–1110.
- Pachepsky, Y.A., Shelton, D.R., Mclain, J.E., Patel, J.R., Mandrell, R.E. 2011. Irrigation waters as a source of pathogenic microorganisms in produce: a review. *Advances in Agronomy*, 113, 73-138.
- Patchanee, P., Molla, B., White, N., Line, D.E., Gebreyes, W.A. 2010. Tracking Salmonella contamination in various watersheds and phenotypic and genotypic diversity, *Foodborne Pathogens and Diseases*, 7, 1113-1120.
- Patel, J. R., Darlington, K. H. 2010. Survival of Salmonella on spinach leaves treated with contaminated irrigation water. *International Association for Food Protection Annual Meeting*, Anaheim, CA, pp. 3–29.
- Patel, J. R., Sharma, M., Ravishankar, S. 2011. Effect of curli expression and hydrophobicity of *Escherichia coli* O157:H7 on attachment to fresh produce surfaces, *Journal of Applied Microbiology*, 110, 737–745.
- Payment, P., Locas, A. 2011. Pathogens in water: Value and limits of correlation with Microbial indicators, *Ground Water*, 49, 4-11.
- Pell, A. N. 1997. Manure and microbes: public and animal health problem? *Journal of Dairy Science*, 80, 2673–2681.
- Pond, K. 2005. Water recreation and disease infections: Plausibility of associated acute effects, sequelae and mortality. London: *IWA Publishing*, World Health Organization.
- Rahn, K.S.A., De Grandis, R.C., Clarke, S.A., McEwen, J.E., Galán, C., Ginocchio, R., Curtiss III, Gyles, C.L., 1992. Amplification of an *invA* gene sequence of *Salmonella typhimurium* by polymerase chain reaction as a specific method of detection of Salmonella, *Molecular and Cellular Probes*, 6, 271-279.
- Rajabi, M., Jones, M., Hubbard, M., Rodrick, G., Wright, A.C., 2011. Distribution and genetic diversity of *Salmonella enterica* in the Upper Suwannee River. *International Journal of Microbiology*, 1-9, doi:10.1155/2011/461321.
- Reynolds, K. A., Mena, K. D., Gerba, C. P. 2008. Risk of waterborne illness via drinking water in the United States. *Reviews of Environmental Contamination Toxicology*, 192, 117–158.
- Rhodes, M.W., Kator, H.I., 1990. Effect of sunlight and autochthonous microbiota on *Escherichia coli* survival in an estuarine environment, *Current Microbiology*, 21, 67-73.
- Ricca, D.M., Cooney, J.J., 1999. Coliphages and indicator bacteria in Boston Harbour, *Massachusetts Environmental Toxicology*, 14, 404-408.
- Santiago-Rodriguez TM, Tremblay RL, Toledo-Hernandez C, Gonzalez-Nieves JE, Ryu H, Santo Domingo J.W. 2012. Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events, *Applied Environmental Microbiology*. 78, 5160-5169.

- Scharff, R. 2009. Health-related costs from foodborne illness in the United States, https://www.pewtrusts.org/~media/legacy/uploadedfiles/phg/content_level_pages/reports/pspscharff20v9pdf.pdf, [Erişim Tarihi: 20/11/2020].
- Scott, C. A., Faruqui, N. I., and Raschid-Sally, L., 2004. Wastewater use in irrigated agriculture: Confronting the livelihood and environmental realities, *CABI Publishing*, USA.
- Sharma, M., Ingram, D. T., Patel, J. R., Millner, P. D., Wan, X., Hull, A. E., Donnenberg, M. S. 2009. A novel approach to investigate the uptake and internalization of *Escherichia coli* O157:H7 in spinach cultivated in soil and hydroponic medium. *Journal of Food Protection*, 72, 1513–1520.
- Shelton, D. R., Karns, J. S., Coppock, C., Patel, J., Sharma, M., Pachepsky, Y. A. 2011. Relationship between eae and stx virulence genes and *E. coli* in an agricultural watershed: Implications for irrigation water standards and leafy green commodities. *Journal of Food Protection*, 74 (1), 18-23.
- Sinclair, J.L., Alexander, M., 1984. Role of resistance to starvation in bacterial survival in sewage and lake water, *Applied and Environmental Microbiology*, 48, 410-415.
- Solomon, E. B., Yaron, S., and Matthews, K. R. 2002. Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Applied Environmental Microbiology*, 68, 397–400.
- Song, I., Stine, S. W., Choi, C. Y., Gerba, C. P. 2006. Comparison of crop contamination by microorganisms during subsurface drip and furrow irrigation. *Journal of Environmental Engineering*, 132, 1243–1248.
- Steele, M., Odumeru, J., 2004. Irrigation water as source of foodborne pathogens on fruit and vegetables. *Journal of Food Protection* 12, 2839-2849.
- Stoeckel, D. M. 2009. Fecal contamination of irrigation water: Keep it off the dinner table. *Proceedings of the 54th New Jersey Annual Vegetable Meeting*, pp. 100–102.
- Tauxe R, Kruse H, Hedberg C, Potter M, Madden J, Wachsmuth K. 1997. Microbial hazards and emerging issues associated with produce, a preliminary report to the national advisory committee on microbiologic criteria for foods. *Journal of Food Protection*; 60, 1400–1408.
- Talley, J. L., Wayadande, A. C., Wasala, L. P., Gerry, A. C., Fletcher, J., DeSilva, U., Gilliland, S. E. 2009. Association of *Escherichia coli* O157:H7 with filth flies (Muscidae and Calliphoridae) captured in leafy greens fields and experimental transmission of *E. coli* O157:H7 to spinach leaves by house flies (Diptera: Muscidae). *Journal of Food Protection*, 72, 1547–1552.
- The California Food Emergency Response Team (CalFERT), 2007. Investigation of an *Escherichia coli* O157:H7 outbreak associated with Dole pre-packaged spinach, https://www.cdc.gov/nceh/ehs/docs/investigation_of_an_e_coli_outbreak_associated_with_dole_pre-packaged_spinach.pdf, [Erişim Tarihi: 18/10/2020].
- Thurston-Enriquez, J. A., Watt, P., Dowd, S. E., Enriquez, R., Pepper, I. L., Gerba, C. P. 2002. Detection of protozoan parasites and microsporidia in irrigation waters used for crop production, *Journal of Food Protection*, 65, 378–382.
- Topalcengiz, Z., Strawn, L., Danyluk, M.D. 2017. Microbial quality of agricultural water in Central Florida, *PlosOne*, 12(4): e0174889.
- Topalcengiz, Z., Danyluk, M.D., 2019. Fate of generic and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in Central Florida surface waters and evaluation of EPA Worst Case water as standard medium. *Food Research International*, 120, 322–329.

- Topalcengiz, Z., McEgan, R., Danyluk, M.D., 2019. Fate of *Salmonella* in Central Florida surface waters and evaluation of EPA worst case water as a standard medium, *Journal of Food Protection*, 82 (6) , 916–925.
- Topalcengiz, Z., Spanninger, P.M., Jeamsripong, S., Persad, A.K., Buchanan, R.L., Saha, J., LeJeune, J., Jay-Russell, M.T., Kniel, K.E., Danyluk, M.D. 2020a. Survival of *Salmonella* in various wild animal feces that may contaminate produce. *Journal of Food Protection*, 83 (4) ,651–660 .
- Topalcengiz, Z., Jeamsripong, S., Spanninger, P.M., Persad, A.K., Wang, F., Buchanan, R.L.,LeJeune, J., Kniel, K.E., Jay-Russell, M.T., Danyluk, M.D. 2020b. Survival of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in various wild animal feces that may contaminate produce. *Journal of Food Protection*, 83 (8), 1420-1429
- Tyrrel, S. F. 1999. The microbiological quality of water used for irrigation. *Irrigation News*, 27, 39–42.
- U. S. EPA. 1973. Water Quality Criteria USEPA, Washington, DC (*National Academy of Sciences Report to the United States Environmental Protection Agency*. 350–366.
- USDA-NASS. (2008). Farm and Ranch Irrigation Survey. https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2007/Online_Highlights/Farm_and_Ranch_Irrigation_Survey/index.php, [Erişim Tarihi: 10/11/2020].
- Van Beneden, C. A., W. E. Keene, R. A. Strang, D. H. Werker, A. S. King, B. Mahon, K. Hedberg, A. Bell, M. T. Kelly, V. K. Balan, W. R. Mackenzie, D. Fleming. 1999. Multinational outbreak of *Salmonella enterica* serotype Newport infections due to contaminated alfalfa sprouts, *JAMA*, 281, 158–162.
- Van Elsas, J. D., Semenov, A. V., Costa, R., Trevors, J. T. 2010. Survival of *Escherichia coli* in the environment: Fundamental and public health aspects. *ISME Journal*, 1–11.
- Vijayavel, K., Byappanahalli, M.N., Ebdon, J., Taylor, H., Whitman, R.L. Kashian, D.R., 2014. *Enterococcus* phages as potential tool for identifying sewage inputs in the Great Lakes region, *Journal of Great Lakes Research*, 40, 989-993.
- Walters, S.P., Thebo, A.L., Boehm, A.B. 2011. Impact of urbanization and agriculture on the occurrence of bacterial pathogens and stx genes in coastal waterbodies of central California, *Water Research*, 45, 1752-1762.
- Warriner, K., Huber, A., Namvar, A., Fan, W., Dunfield, K. 2009. Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. *Advances in Food and Nutrition Research*, Vol. 57, pp. 155–208.
- Webb, C. C., Erickson, M. C., Diaz-Perez, J. C., Phatak, S., Silvoy, J. J., McGhin, L. E., Payton, A. S., Liao, J., Doyle, M. P. 2008. Surface and internalized *Escherichia coli* O157:H7 on field grown spinach treated with spray contaminated irrigation water. *Journal of Food Protection*, 73 (6), 1023-1029.
- Westcot, D. W. 1997. Quality control of wastewater for irrigated crop production. Water report 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/3/w5367e/w5367e00.htm>, [Erişim Tarihi: 10/10/2020].
- Whitman, R. L., Nevers, M. B., Korinek, G. C., and Byappanahalli, M. N. 2004. Solar and temporal effects on *Escherichia coli* concentration at a Lake Michigan swimming beach, *Applied Environmental Microbiology*, 70, 4276–4285.
- Won G, Kline T.R., LeJeune J.T. 2013. Spatial-temporal variations of microbial water quality in surface reservoirs and canals used for irrigation. *Agricultural Water Management*, 116, 73-78.

Yu, K., M. C. Newman, D. D. Archbold, T. R. Hamilton-Kemp. 2001. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 on strawberry fruit and reduction of the pathogen population by chemical agents. *Journal of Food Protection*, 64, 1334–1340.

EKLER

Ek 1. Murat Nehri Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Örnek No	Tarih	Saat	Toplam Koliform (EMS/100 mL)	Fekal Koliform (EMS/100 mL)	<i>E. coli</i> (EMS/100 mL)
1	7/12/2019	10:15	2.041	1.415	1.342
2	9/17/2019	13:22	2.041	1.342	1.342
3	9/20/2019	8:20	1.531	0.845	0.845
4	9/25/2019	13:02	2.964	1.114	1.114
5	9/28/2019	9:52	1.230	1.230	1.230
6	10/1/2019	8:26	1.531	0.301	0.301
7	10/2/2019	8:15	1.519	1.322	1.322
8	10/3/2019	8:15	1.531	0.301	0.301
9	10/7/2019	8:14	2.544	1.531	0.301
10	10/8/2019	8:15	2.447	0.954	0.954
11	10/9/2019	8:45	1.531	1.431	0.301
12	10/10/2019	8:05	2.342	0.301	0.301
13	10/11/2019	7:45	1.079	0.301	0.301
14	10/13/2019	12:45	0.778	0.301	0.301
15	10/15/2019	8:05	1.230	0.301	0.301

Ek 2. Karasu Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Örnek No	Tarih	Saat	Toplam Koliform (EMS/100 mL)	Fekal Koliform (EMS/100 mL)	<i>E. coli</i> (EMS/100 mL)
1	7/12/2019	10:00	2.544	1.519	1.519
2	9/17/2019	13:10	3.255	1.230	1.230
3	9/20/2019	8:06	3.255	3.255	3.255
4	9/25/2019	12:46	3.255	3.255	3.255
5	9/28/2019	9:37	1.531	1.531	1.531
6	10/1/2019	8:14	1.531	0.301	0.301
7	10/2/2019	8:00	3.255	3.204	3.204
8	10/3/2019	8:00	3.255	2.146	2.146
9	10/7/2019	8:02	3.255	3.255	3.255
10	10/8/2019	8:09	3.255	2.544	2.544
11	10/9/2019	8:30	3.204	3.204	3.204
12	10/10/2019	7:50	1.531	0.301	0.301
13	10/11/2019	7:30	3.255	0.301	0.301
14	10/13/2019	12:30	3.255	2.255	2.255
15	10/15/2019	7:53	3.255	0.778	0.778

Ek 3. GY Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Örnek No	Tarih	Saat	Toplam Koliform (EMS/100 mL)	Fekal Koliform (EMS/100 mL)	<i>E. coli</i> (EMS/100 mL)
1	7/12/2019	10:30	3.255	1.531	1.531
2	9/17/2019	12:45	2.230	0.301	0.301
3	9/20/2019	9:20	2.732	1.519	1.519
4	9/25/2019	12:28	0.602	0.301	0.301
5	9/28/2019	10:30	0.301	0.301	0.301
6	10/1/2019	10:15	0.301	0.301	0.301
7	10/2/2019	9:23	0.954	0.301	0.301
8	10/3/2019	9:24	0.301	0.301	0.301
9	10/7/2019	9:34	0.602	0.301	0.301
10	10/8/2019	9:58	1.519	1.362	1.362
11	10/9/2019	9:31	1.041	0.699	0.699
12	10/10/2019	9:07	0.301	0.301	0.301
13	10/11/2019	9:20	0.903	0.301	0.301
14	10/13/2019	13:36	0.301	0.301	0.301
15	10/15/2019	9:30	0.845	0.301	0.301

Ek 4. GB Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Örnek No	Tarih	Saat	Toplam Koliform (EMS/100 mL)	Fekal Koliform (EMS/100 mL)	<i>E. coli</i> (EMS/100 mL)
1	7/12/2019	10:45	0.845	0.845	0.845
2	9/17/2019	12:40	1.845	0.301	0.301
3	9/20/2019	9:30	0.954	0.301	0.301
4	9/25/2019	12:18	0.301	0.301	0.301
5	9/28/2019	10:54	0.301	0.301	0.301
6	10/1/2019	10:21	0.301	0.301	0.301
7	10/2/2019	9:30	0.301	0.301	0.301
8	10/3/2019	9:30	0.301	0.301	0.301
9	10/7/2019	9:27	3.255	0.301	0.301
10	10/8/2019	10:10	2.964	0.301	0.301
11	10/9/2019	9:43	2.964	0.845	0.301
12	10/10/2019	9:20	0.954	0.301	0.301
13	10/11/2019	9:35	2.544	0.301	0.301
14	10/13/2019	13:45	0.301	0.301	0.301
15	10/15/2019	9:45	0.301	0.301	0.301

Ek 5. Murat Nehri Fiziksel Analiz Sonuçları

Örnek No	Hava Sıcaklığı (C°)	Su Sıcaklığı (C°)	pH	İletkenlik (µs/cm)
1	29	14	7.54	-42.7
2	26	16	6.60	-38.9
3	17	15	8.12	-67.1
4	25	15	8.27	-75.1
5	23	16	8.20	-71.7
6	15	15	7.35	-23.5
7	14	15	7.85	-50.8
8	15	15	8.10	-65.2
9	17	15	7.40	-25.4
10	15	15	7.98	-58.2
11	17	15	7.99	-58
12	14	15	8.02	-60.8
13	13	14	8.03	-61.4
14	21	17	8.08	-64.2
15	15	14	8.06	-63.1

Ek 6. Karasu Fiziksel Analiz Sonuçları

Örnek No	Hava Sıcaklığı (C°)	Su Sıcaklığı (C°)	pH	İletkenlik (µs/cm)	Solar Radyasyon (kWh/m ² /gün)	Bağıl Nem (%)
1	29	26	6.8	-32.1	8.09	30.25
2	26	22	7.13	-10.1	7.79	42.45
3	16	18	8.24	-73.7	7.19	21.31
4	24	17	8.24	-73.9	7.17	19.08
5	22	19	8.21	-71.9	7.46	43.07
6	15	15	7.16	-12.7	6.79	18.23
7	14	15	7.85	-50.8	6.96	22.7
8	16	16	8.2	-70.8	7.7	25.09
9	16	16	7.63	-38.3	7.71	49.7
10	14	15	7.94	-56.2	7.21	42.17
11	16	15	8.07	-63.3	8.23	33.77
12	15	15	8.01	-60.1	7.23	31.77
13	13	14	7.98	-58.7	7.49	19.04
14	21	18	8.03	-61.5	6.11	19.91
15	12	11	8.08	-62.2	6.2	12.28

Ek 7. GY Fiziksel Analiz Sonuçları

Örnek No	Hava Sıcaklığı (C°)	Su Sıcaklığı (C°)	pH	İletkenlik (µs/cm)
1	29	25	7.77	-46.8
2	26	21	7.78	-48.7
3	21	20	7.99	-59.7
4	24	22	8.27	-75.5
5	27	19	8.18	-70.2
6	21	20	7.47	-29.1
7	20	18	7.8	-48.4
8	20	18	7.99	-57.2
9	19	18	7.19	-13.4
10	19	19	7.82	-49.6
11	16	17	8.1	-65
12	18	19	7.99	-59.1
13	20	18	8.07	-63.7
14	21	20	8.08	-64.3
15	17	15	8.11	-66

Ek 8. GB Fiziksel Analiz Sonuçları

Örnek No	Hava Sıcaklığı (C°)	Su Sıcaklığı (C°)	pH	İletkenlik (µs/cm)
1	29	22	7.56	-38.2
2	26	22	7.65	-40.8
3	21	18	8.23	-73.4
4	24	19	8.16	-69.1
5	26	20	8.17	-69.6
6	17	21	7.58	-36.5
7	20	17	7.89	-53.3
8	20	17	8.09	-65.4
9	19	18	7.69	-41.6
10	19	17	7.88	-52.6
11	16	17	8.01	-60.2
12	19	17	7.96	-57.4
13	19	15	7.98	-58.8
14	21	19	8	-59.7
15	17	15	7.95	-56.8

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : TUBA KARAKOYUN
Uyruđu : T.C.
Dođum Yeri ve Tarihi : KAYSERİ – 01.08.1987
e-mail : tubakarakoyunn@gmail.com

EĞİTİM

Lise : DALAMAN LİSESİ-2004
Üniversite : ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ-BİYOLOJİ-2009
Yüksek Lisans : MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ-2021
Doktora :

İŞ DENEYİMLERİ

ÖZEL YÜCELEN HASTANESİ /MUĞLA– BİYOLOG - 2010 - 2013

YABANCI DİLLER

İNGİLİZCE