

764660

**ANTİBAKTERİYEL DOLGULU
KOLONLARDA
SU DEZENFEKSİYONU**

**Filiz BAYRAKÇI
Yüksek Lisans Tezi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Ağustos 2002**

Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen AÜAF 01 02 79 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Filiz BAYRAKÇI'nın "Antibakteriyel Dolgulu Kolonlarda Su Dezenfeksiyonu" başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi..02.09.2002..tarikhinde, aşğıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı): Yrd. Doç.Dr. A. Savaş KOPARAL

Üye : Doç.Dr.Aydın DOĞAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Arzu ÇİÇEK

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun...11.09.2002...tarikh ve...31/9.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Orhan ÖZER
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

TEŐEKKÜR

Çalıőmalarımın baőlangıcından itibaren her konuda desteğini, hoőgörösünü ve yardımlarını esirgemeyen ve bundan sonra da esirgemeyeceğine emin olduğum değerli danışman hocam Yrd.Doç.Dr. A.Savaş KOPARAL'a;

Görüő ve önerileri ile çalıőmama katkıda bulunan sayın hocam Doç.Dr. Aydın DOğAN'a;

Deneysel çalıőmalarım sırasında yardımını gördüğüm sayın Araő.Gör. Semra MALKOÇ ve Öğr.Gör. Erman ÜZGÜR'e;

Hiçbir yardım çağrımı cevapsız bırakmayan sevgili arkadaşlarım Araő.Gör. Banu ATAŐLAR, Öğr. Gör. Ömer ARIÖZ, Araő Gör. Evren BAYRAM, Araő. Gör. Serdar BENLİ, Araő. Gör. Serdar GÖNCÜ, Çev. Müh. Serpil ŐENTÖREGİL ve Araő. Gör. Ozan Devrim YAY'a;

Bugüne kadar her durumda sevgileri ve destekleri ile yanımda olan sevgili aileme ve Mak. Müh. Serhan KAREL'e

en içten teőekkürlerimi sunarım.

Filiz BAYRAKÇI

Ağustos 2002

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANTİBAKTERİYEL DOLGULU KOLONLARDA SU DEZENFEKSİYONU

FİLİZ BAYRAKÇI

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. A. Savaş KOPARAL
2002, 64 sayfa

Bu çalışmada, antibakteriyel dolgulu kolonlarda su dezenfeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Geri döngülü sistemlerde farklı akış hızlarında, farklı kolon sıcaklıklarında ve farklı başlangıç bakteri derişimlerinde E.coli bakterilerinin hayatta kalma oranları araştırılmıştır. Sürekli sistemde ise belirli E.coli derişimine sahip çözeltiler kullanılarak farklı kolon sıcaklıklarının giderime olan etkisi incelenmiştir. Çalışmalar yüzey alanı arttırılmış ve küre şekilli dolgu malzemeli kolonlarda yapılmıştır. Ayrıca Porsuk Çay'ından alınan su örneği ile gerçek kirlilik koşullarına sahip çalışmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antibakteriyel, Dezenfeksiyon, Escherichia coli

ABSTRACT**Master of Science Thesis****WATER DISINFECTION ON COLUMNS WITH
ANTIBACTERIAL FILLING MATERIAL****FİLİZ BAYRAKÇI****Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Environmental Engineering Program****Supervisor: Assist.Prof. A. Savaş KOPARAL
2002, 64 pages**

In this study, water disinfection has been implemented on columns with antibacterial filling material. The survival ratios of E.coli bacteria have been investigated for different flow rates, column temperatures, and initial bacteria concentrations on feedback systems. On the other hand, the effects of different column temperatures on disinfection have been searched on continuous systems, using solutions with certain E. Coli concentrations. The experiments have been carried out on columns having filling materials with extended surface area and with spherical shape. Furthermore, some other experiments have been performed with water samples, obtained from Porsuk River, indicating actual pollution conditions.

Keywords: Antibacterial, Disinfection, Escherichia coli

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. SU KİRLİLİĞİ	3
2.1. Su Kirliliğinin Kaynakları	4
2.1.1. Mikroorganizmalar	5
2.1.1.1. Escherichia coli	7
2.2. İçme Suyu Kaynaklarının Kirliliği	7
2.3. Su Kirliliği İle İlgili Yasal Düzenlemeler	8
3. SERAMİK MALZEMELER	10
3.1. Geleneksel Seramikler	10
3.2. İleri Teknoloji Seramiklerin Sınıflandırılmaları	10
3.2.1. Antibakteriyel seramikler	12
4. DEZENFEKSİYON	13
4.1. Dezenfeksiyon Mekanizması	13
4.2. Dezenfeksiyon Yöntemleri	15
4.2.1. Klor ile dezenfeksiyon	16
4.2.1.1. Amonyak ile reaksiyonlar	17

4.2.1.2. Kırılma noktası klorlaması	17
4.2.1.3. Klorlama ile trihalometan oluşumu	19
4.2.2. Klor dioksit ile dezenfeksiyon	20
4.2.3. Ozon ile dezenfeksiyon	22
4.2.4. UV ile dezenfeksiyon	22
4.2.5. Elektrokimyasal dezenfeksiyon	23
4.2.6. Metal iyonları ile dezenfeksiyon	24
5. BAKTERİYOLOJİK ÇALIŞMALAR	26
5.1. Mikrobiyolojik Örnek Alma ve Kültür Yapma	26
5.1.1. Örnek alma ve alınan örneğin inokülasyona hazırlanması	26
5.1.1.1. Dilüsyon hazırlama	27
5.1.2. Aktarma teknikleri ve inokülasyon	28
5.1.3. İnkübasyon	30
5.2. Mikrobiyolojik Sayım Yöntemleri	29
5.2.1. Kültürel sayım yöntemi	31
5.2.1.1. Dökme plak yöntemiyle kültürel sayım	31
5.2.1.2. Yüzeğe yayma yöntemiyle kültürel sayım	32
5.2.2. İndirekt sayım yöntemleri	32
5.2.2.1. Türbidometrik sayım yöntemi	33
5.2.2.2. McFarland yöntemi	33
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	35
6.1. Ön Çalışmalar	35

6.1.1. Antibakteriyel toz hazırlanması.....	35
6.1.2. Yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesinin hazırlanması	36
6.1.3. Küre şekilli dolgu malzemelerinin hazırlanması.....	36
6.2. Yüzey Alanı Arttırılmış Dolgu Malzemeli Kolonda	
Su Dezenfeksiyonu	37
6.2.1. Etkin madde yüzdesinin incelendiği deneysel çalışmaların	
sonuçları	37
6.2.2. Başlangıç bakteri derişiminin incelendiği deneysel çalışmaların	
sonuçları	38
6.3. Küre Şekilli Malzeme Kullanılan Dolgulu Kolonda	
Su Dezenfeksiyonu	39
6.3.1. Geri döngülü sistemde yapılan deneysel çalışmalar.....	40
6.3.1.1. Başlangıç bakteri derişiminin incelendiği deneysel	
çalışmaların sonuçları.....	40
6.3.1.2. Dolgulu kolon sıcaklığının incelendiği	
deneysel çalışmaların sonuçları.....	44
6.3.1.3. Akış hızının incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları .	46
6.3.1.4. Dolgu maddesi boyutunun incelendiği	
deneysel çalışmaların sonuçları	50
6.3.1.5. İşlem süresinin incelendiği deneysel çalışmaların	
sonuçları	51
6.3.2. Sürekli geçişli sistemde yapılan çalışmalar.....	53
6.3.2.1. Dolgulu kolon sıcaklığının incelendiği deneysel	
çalışmaların sonuçları.....	53
6.4. Dolgu Maddesi Türünün İncelendiği Deneysel Çalışmalar.....	54
6.5. Metal İyonları Kullanılarak Hazırlanan Antibakteriyel Malzeme	
Uygulamaları	55

6.5.1. Antibakteriyel seramik uygulamaları	56
6.5.2. Antibakteriyel polimer uygulamaları	57
6.6. Kullanılan Malzemeler ve Yardımcı Araçlar.....	58
6.7. Deney Sonuçlarının Hesaplanmasında Kullanılan Eşitlik	58
7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI	59
7.1. Küre Şekilli Dolgu Malzemesinin Seçimi İçin Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Tartışılması	59
7.2. Küre Şekilli Dolgu Malzemesinin Kullanıldığı Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Tartışılması	59
7.2.1. Akış hızının etkisi.....	59
7.2.2. Dolgu maddesi boyutunun etkisi	60
7.2.3. Kolon sıcaklığının etkisi.....	60
7.2.4. Bakteri derişiminin etkisi	60
7.2.5. İşlem süresinin etkisi	60
7.3. Yüzey Alanı Genişletilmiş Dolgu Malzemesinin Kullanıldığı Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Tartışılması	61
7.4. Dolgu Malzemesi Türünü Etkisi.....	61
8. ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
4.1. PH'a bağlı HOCl yüzdeleri	17
4.2. Kırılma noktası klorlaması	18
5.1. Kültür elde etme aşamaları	26
5.2. Dilüsyon hazırlanması	27
6.1. Yüzey alanı genişletilmiş dolgu malzemesi	37
6.2. Farklı başlangıç bakteri derişimlerinde (10^3 , 10^4 hücre/ml) bakteri gideriminin zamana karşı değişimi	39
6.3. Küre şekilli dolgu malzemesi	40
6.4. Farklı başlangıç bakteri derişimlerinde ve 17 ml/dk. akış hızlı geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi	43
6.5. Farklı başlangıç bakteri derişimlerinde ve 74 ml/dk. akış hızlı geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi	43
6.6. Porsuk Çayı örneğinde 74 ml/dk. akış hızlı ve farklı sıcaklıklarda bakteri derişiminin incelenmesi	45
6.7. Porsuk Çayı örneğinde 74 ml/dk. akış hızlı ve 26,5°C'de bakteri derişiminin incelenmesi için yapılan bir çalışma	45
6.8. 104 hücre/ml başlangıç derişiminde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi	49
6.9. 10^5 hücre/ml başlangıç derişiminde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi	50
6.10. 10^6 hücre/ml başlangıç derişiminde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi	50
6.11. Akış hızlı 74 ml/dk. olan geri döngülü sistemde farklı dolgu maddesi boyutları kullanılarak derişimin zamanla değişiminin incelenmesi	51
6.12. Geri döngülü sistemde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişiminin incelenmesi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	52
6.13. Sürekli geçişli sistemde farklı akış hızlarında farklı sıcaklıklara göre bakteri derişiminin değişimi	54
6.14. 10^4 hücre/ml başlangıç derişiminde 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde farklı dolgu malzemeleri kullanılarak bakteri derişiminin zamanla değişimi	55

6.15. Antibakteriyel seramik uygulamaları	56
6.16. Antibakteriyel malzemelerin bakteri kolonilerine etkisi	57
6.17. Antibakteriyel polimer uygulamaları	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
3.1. İleri teknoloji seramiklerin sınıflandırılması	11
5.1. McFarland standardı	33
5.2. 4 ve 5 no'lu McFarland tüpleri arasındaki standartlar	34
6.1. 10^4 hücre/ml başlangıç E.coli derişimine sahip çözelti ile elde edilen dolgu malzemesi deney sonuçları	36
6.2. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml)	38
6.3. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^3 hücre/ml)	38
6.4. 17ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (3000 hücre/ml))	40
6.5. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (3600 hücre/ml))	41
6.6. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	41
6.7. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	41
6.8. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)	42
6.9. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)	42
6.10. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde ve 34°C 'de kolon sıcaklığında bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (20000 hücre/ml))	44
6.11. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde ve $26,5^{\circ}\text{C}$ 'de kolon sıcaklığında bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (20000 hücre/ml))	44

6.12. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde ve 5°C'de kolon sıcaklığında bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (20000 hücre/ml))	44
6.13. 17ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (3000 hücre/ml))	46
6.14. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (3600 hücre/ml))	46
6.15. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (3600 hücre/ml))	47
6.16. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	47
6.17. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	47
6.18. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	48
6.19. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)	48
6.20. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)	48
6.21. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)	49
6.22. Akış hızı 74 ml/dk. olan geri döngülü sistemde farklı dolgu maddesi boyutları kullanılarak derişimin zamanla değişimi	51
6.23. Geri döngülü sistemde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)	52
6.24. Kolon sıcaklığı 34°C olan sürekli geçişli sistemde bakteri derişiminin incelenmesi (Başlangıç bakteri derişimi 1×10^4 hücre/ml)	53

- 6.25. Kolon sıcaklığı 26,5°C olan sürekli geçişli sistemde bakteri derişiminin incelenmesi
(Başlangıç bakteri derişimi 1×10^4 hücre/ml) 53
- 6.26. Kolon sıcaklığı 5°C olan sürekli geçişli sistemde bakteri derişiminin incelenmesi
(Başlangıç bakteri derişimi 1×10^4 hücre/ml) 53
- 6.27. Sürekli geçişli sistemde başlangıç bakteri derişimi yaklaşık 3250 hücre/ml olan Porsuk Çayı suyu ile farklı sıcaklıklara göre bakteri derişiminin değışimi 54
- 6.28. 10^4 hücre/ml başlangıç derişiminde 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde farklı dolgu malzemeleri kullanılarak bakteri derişiminin zamanla değışiminin incelenmesi 55

1. GİRİŞ

Çevre insanların içinde yaşadığı ve faaliyetlerini sürdürdüğü ortam olarak tarif edilebilir. Ayrıca, çevrenin bütün canlıları ve tabii kaynakları içine alan yer küresi ile bu küreyi çevreleyen atmosferden meydana geldiği de söylenebilir. Çevre bu şekilde geniş kapsamlı olarak ele alındığında yeryüzünde bulunan bütün varlıkların birbirlerini etkilediği ve kendi aralarında bir dengenin bulunduğu varsayılır. Bu denge tabii olaylar sonunda zaman zaman değişebilirse de insan faaliyetleri sonucunda bozulma daha hızlı ve daha sık olarak ortaya çıkar. Bu bozulma bazen düzeltilmeyecek şekilde olabilir. İçinde yaşanılan ortam ve tabii kaynakların tamamını içeren çevre, günümüzde insan hayatının kaçınılmaz bir parçası olan “Çevre Kaynağı” olarak göz önünde bulundurulmak zorundadır.

Çevre kalitesinin, insan faaliyetleri sonucu alışılmış kullanımları engelleyecek şekilde bozulması çevre kirlenmesi olarak tarif edilebilir. İnsan faaliyetlerinin durdurulması söz konusu olmadığına göre çevrenin sürekli olarak kullanılması ve sonuçta özelliklerinin sürekli olarak değişmesi kaçınılmaz bir sonuçtur. Bu durumda yapılması gereken, çevredeki bu değişimin kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmasını temin edecek ve çevrenin daha uzun süre kullanımını sağlayabilecek, gerekli önlemlerin belirlenmesi ve bu önlemlerin zaman kaybetmeden uygulanmasıdır [1].

İnsanlar, yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için, suyu hidrolojik çevrimden alırlar ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu işlemler sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek, “Su Kirliliği” olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarırlar. Artan nüfus ve gelişen endüstrileşme sonucunda yoğunlaşan su kullanımı, su kirliliğini hızlandıran bir etken olarak karşımıza çıkar.

Suların kirlenmesine neden olan etkenler arasında özellikle sulara insan ve hayvan dışkılarıyla karışan patojen mikroorganizma ve virüsler önemli bir sağlık riski oluşturur. Patojen mikroorganizmalar ile kirlenmiş suların içme suyu temini amacıyla kullanımı kısıtlanır. Bu nedenle, önemli sağlık riski oluşturan bu suların akarsu, göl, koy ve körfez gibi alıcı ortamlara verilmeden önce uygun bir dezenfeksiyon işleminin yapılması gerekir [2].

Dezenfektan olarak kullanılan klorun, doğal organik maddelerle reaksiyona girerek dezenfeksiyon yan ürünü olan klorlu organik bileşiklerin oluşumuna yol açtığı bilinmektedir. Bunlara örnek olarak trihalometanlar verilebilir. Trihalometanların kanserojen oldukları ve karaciğer, böbrek ve sindirim sistemi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir.

Klora alternatif olarak kullanılan bir başka kuvvetli dezenfektan ise ozondur. Ozonun avantajı düşük konsantrasyonlarda bile kuvvetli bir dezenfektan olması ve klorlu organik bileşiklerin oluşumuna yol açmamasıdır. Ancak yüksek maliyetlidir ve kalıntı bırakmadığından arıtılan suya dağıtım sistemine verilmeden önce kalıcı bir dezenfektan katılması gerekir.

Diğer bir dezenfeksiyon yöntemi olan ultraviyole ışınlarla dezenfeksiyon, oldukça pahalıdır ve genellikle renk, bulanıklık katı madde içermeyen küçük tesislere uygulanır. Kimyasal bir ajan olmadığından suda toksik bir kalıntı oluşturması söz konusu değildir. Buna rağmen sudaki bazı bileşikler UV ışınları ile değişikliğe uğrayabilmektedir. Ancak bunların daha sonra zararsız formlara dönüştüğü düşünülmektedir [3].

Günümüzde sık kullanılan bu dezenfeksiyon yöntemlerinde karşılaşılan dezavantajlar, alternatif dezenfeksiyon yöntemleri üzerinde yapılan çalışmalarını yoğunlaştırmaktadır. Bu alternatiflerden biri de metal iyonlarının etkin madde olarak kullanıldığı dezenfeksiyondur.

Bu çalışmada, dolgulu bir kolonda farklı başlangıç derişimine sahip çalışma çözeltilerine farklı sıcaklıklar uygulanarak kesikli ve sürekli sistemde metal iyonları ile dezenfeksiyon gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Eskişehir Belediyesinin içme ve kullanma suyunu temin ettiği Porsuk Çayı'ndan alınan su numunesi için dezenfeksiyon çalışılmıştır. Bunlara ek olarak farklı endüstriyel uygulamalar için çalışmalar da gerçekleştirilmiştir.

2. SU KİRLİLİĞİ

İnsanlar, yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için, suyu hidrolojik çevrimden alırlar ve kullandıktan sonra aynı döngüye iade ederler. Bu işlemler sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek, “Su Kirliliği” olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarırlar. Artan nüfus ve gelişen endüstrileşme sonucunda yoğunlaşan su kullanımı, su kirliliğini hızlandıran bir etken olarak karşımıza çıkarır.

Yeryüzünün çoğu yöresinde bir yıl içinde hidrolojik çevrim tarafından sağlanan su, o yörenin iklimsel özelliklerine bağlı olarak, kısıtlı bir miktardadır. Artan su ihtiyacı nedeniyle hızlanan su kirliliği, bu niceliksel kısıtın yanı sıra zamanla artan bir niteliksel kısıt doğurmaktadır. Bunun sonucunda, insan yaşamı için vazgeçilmez olan suların, kullanıma uygun kısmı giderek azalmaktadır. Bu olumsuz gelişmenin önlenmesi için, su kirliliğinin ciddi bir biçimde kontrol edilmesinin zorunlu olduğu ortaya çıkmaktadır [2].

Söz konusu özellik değişimleri, aynı zamanda, sularda yaşayan çeşitli canlı varlıkları da etkiler. Böylece su kirlenmesi sucul ekosistemlerin etkilenmesine, dengelerin bozulmasına ve giderek doğadaki tüm suların özümleme ve kendi kendini temizleme kapasitesinin azalmasına ve yok olmasına yol açabilir. Su kirliliğini kısaca, antropojen etkiler sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan veya engelleyen ve ekolojik dengeleri bozan kimyasal ve biyolojik kalite değişimleri olarak tanımlamak mümkündür [4].

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği’nde ise su kirliliği “Su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik yönlerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan ve dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarda kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılması” şeklinde tanımlanmıştır [5].

2.1. Su Kirliliğinin Kaynakları

a) Mikroorganizmalar: En basit yaklaşımla mikroorganizmalar, boyutları, 1 ile 100 µm arasında değişen, mikroskobik boyutlarda küçük organizmalar olarak tanımlanabilir. Sulara özellikle insan ve hayvan dışkılarıyla karışan hastalık yapıcı (patojen) bakteriler ve virüsler önemli bir sağlık riski oluşturur. Patojenler, hastalar ve hastalık taşıyıcılardan idrar ve dışkı yoluyla su ortamlarına ulaşırlar. Mikrobik hastalıklar, özellikle tropikal bölgelerde, alt yapı tesislerinin gelişmediği düşük kültür ve ekonomik seviyelerdeki toplumlarda, her yıl onbinlerce insanın ölümüne sebep olur. Su kaynaklarının hijyenik açıdan emniyetli olabilmesi için, suyun fekal (dışkı veya idrarla) kirlenmeye maruz kalıp kalmadığının belirlenmesi gerekir [4].

b) Organik maddeler: Ölmüş hayvan ve bitki artıkları ile tarımsal artıkların yüzeysel sulara karışması sonucunda ortaya çıkan kirlenmedir. Bu maddelerin alıcı su ortamlarında yarattıkları oksijen istemi su kalitesi açısından önem taşımaktadır.

c) Endüstri atıkları: Çeşitli endüstriyel işlemlerden kaynaklanırlar ve fenol, arsenik, siyanür, krom, kadmiyum gibi toksik maddeler içerirler. Teknolojik gelişmeye paralel olarak, endüstri atıklarının içerdikleri maddelerin bir yandan türleri artmakta diğer yandan da bu bileşenlerin kimyasal yapıları daha karmaşıklaşmaktadır.

d) Yağlar ve benzeri maddeler: Tankerler veya boru hatlarıyla taşınan petrolün kazalar sonucunda yüzeysel sulara karışmasının yarattığı olumsuz etkiler açısından önem taşımaktadır.

e) Sentetik deterjanlar: Bu tip deterjanların içerdikleri fosfatlar yüzeysel sularda ötrofikasyona ve dolayısıyla ikincil kirlenmeye neden olmaktadır.

f) Radyoaktivite: yeryüzünde nükleer enerjiden yararlanma hızla artmaktadır. Bu tip tesislerden çıkan reaksiyon ürünleri de (örneğin plütonyum) radyoaktiftir. Nükleer atıkların yeraltında veya denizaltında çok uzun süre saklandığında, kullanılan kaplardan kaynaklanabilecek sızmalar bu maddelerin oluşturabileceği toksik etkiler açısından önem taşımaktadır. Radyoaktif kirlenme, ayrıca hastanelerden, araştırma kuruluşlarından ve bazı endüstrilerden de

kaynaklanabilmektedir. Atmosferde yapılan nükleer silah denemeleri sonucunda artan radyoaktivite, yağmur sularını da kirletmekte ve bunun sonucunda yüzeysel sular, radyoaktif kirlenmeye uğrayabilmektedir.

g) Pestisitler: Bu tür yapay organik maddeler, zararlı böcek, bitki ve mantarlarla mücadelede kullanılmaktadır. Uygulamada genellikle insanlara zararlı olmayacak dozlarda verilmelerine rağmen uzun süre bu maddelere maruz kalındığında, zararlı etkileri görülmektedir. Pestisitlerin doğal çevredeki biyokimyasal süreçlerle indirgenmesi çok yavaş olmaktadır. Bunların besin zincirine girmesi ve bu zincirler boyunca biyoakümülyasyona uğramaları ekosistemlerde önemli sorunlar yaratır.

h) Yapay organik kimyasal maddeler: Bu maddeler farmasotik, petrokimya ve zirai kimya endüstrilerince giderek artan miktarlarda üretilmektedir. Bu yapay maddeler, yerlerini aldıkları doğal maddelere kıyasla daha zor indirgenirler.

i) 1) Anorganik tuzlar: Bu maddeler toksik olmayıp, ancak çok yüksek dozlarda kirletici olarak düşünülebilirler. Suları içme, sulama ve birçok endüstriyel kullanım için uygunsuz hale getirebilirler. Alışlagelmiş arıtma süreçlerinden etkilenmezler.

j) Yapay ve doğal tarımsal gübreler: gübrelerin içerdiği azot ve fosfor sulamadan dönen drenaj sularıyla yüzeysel sulara karışır. Azot ve fosfor bu ortamlarda ikincil kirlenmeye neden olmaktadır.

k) Atık ısı: Tek geçişli soğutma suyu sistemlerine sahip termik santraller, yüzeysel sulara büyük miktarlarda atık ısı verir. Suyun sıcaklığının artması bir yandan doğal arıtma süreçlerini hızlandırırken diğer yandan oksijenin sudaki doygunluk derişimini azaltır. böylece anaerobik duruma geçiş kolaylaşabilir. Sıcaklığı artmış sular ayrıca içme suyu kaynağı olarak da kullanıma uygun değildir [2].

2.1.1. Mikroorganizmalar

Geçmişte mikroorganizmalar bitkiler ve hayvanlar olarak iki temel grupta toplanmıştı. Taksonomik güçlüklerden dolayı son eğilim

mikroorganizmaları üç grupta toplamaktır, bunlar protista, bitkiler ve hayvanlardır. Protista grubunun üyeleri protist olarak adlandırılmaktadır.

Mikroorganizmalar, doğada organik ve anorganik maddeler arasındaki geçişi sağlarlar. Bu biyosferde yaşamın sürdürülebilmesi için gereklidir. C, O, N, S ve P gibi maddelerin biyojeokimyasal çevrimleri mikroorganizma faaliyetleri ile oluşur. Mikroorganizmalar aynı zamanda, bazı atıkların arıtılması ve yeniden kullanılabilir hale gelebilmesi açısından da büyük önem taşırlar.

%0.12 den az, çok az sayıda bazı mikroplar insan, hayvan ve bitkilerde hastalık yapmakta ve patojen olarak adlandırılmaktadır. Patojen olmayan mikroplara genellikle saprofitler denilmektedir.

İnsan ve hayvanlardan çok sayıda patojen atıldığından ham atıksu ve araziden süzülen sular patojen içermektedir. Sonuç olarak her su kütleinde bir miktar patojen bulunur. Bu nedenle içme suyu kaynaklarının patojenler yönünden sürekli denetlenmesi ve patojenlerin belli bir derişimin altında tutulması gerekir. Dünyanın pek çok yerinde içme suları patojenlerden arındırılabilmesi için arıtıma tabi tutulmaktadır.

Patojenler, hastalık yapan organizma tarafından enfekte edilmiş insanlardan idrar ve dışkı yoluyla atılmaktadır. Patojeni almış kişilerin hastalık belirtisi göstermesi şart değildir.

Su kaynaklarının hijyenik açıdan emniyetli olabilmesi için suyun fekal kirlenmeye maruz kalıp kalmadığının belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla bazı prosedürler geliştirilmiş olup, bunların çoğu indikatör organizmanın varlığının belirlenmesine dayanır. İndikatörler, normal olarak hastalık yapmayan, dışkıda çok sayıda bulunan ve patojenlere oranla çok daha kolay tayin edilebilen mikroorganizmalardır. Yüzeysel sularda patojenlerin indikatör organizmalardan daha hızlı öldüğü varsayıldığından, indikatör organizmaların belli bir sayının altında oluşu, çoğu durumda patojenlerin olmadığını garanti eder.

En çok kullanılan indikatör organizmalar, koliform bakteri olup, tanım olarak, aerob ve fakültatif aerob, gram negatif, spor yapmayan, 35°C'de 48 saatte laktozu gaz oluşumuyla fermente eden çubuk şeklindeki bakterilerin tümünü içermektedir. Bu grupta Escherichia koli ile normal olarak bağırsakta bulunmayan Enterobakter aerogenes sayılabilir.

2.1.1.1. Escherichia coli

Escherichia genusu içinde 6 tür olduğu kabul edilmektedir. Bunlardan E. Coli yaklaşık olarak 2-6 µm boyunda ve 1.0-1.5 µm eninde, düz, uçları yuvarlak çomakçık şeklinde bakterilerdir.

Bazı kültürlerde koka benzer küçük ve kısa bazı kültürlerde de normalden uzun hatta Y harfi şeklinde dallanan filamanlı şekiller bulunabilir. Her iki şeklin birlikte bulunması olasıdır. Genellikle etraflarında bulunan kirpikleri aracılığı ile hareketli olmakla birlikte hareketleri yavaştır. Hatta hareketsiz görünebilirler.

Bakteriyolojik boyalarla kolay boyanırlar ve gram negatiftirler. Etraflarında kapsül maddeleri bulunur ve organizmada bağırsak dışındaki yerlerden soyutlanan kökenlerin çoğunda kapsül yada mikrokapsül bulunur.

E. coli buyyon ve jeloz gibi genel besiyerlerinde kolayca ürerler. Fakültatif anaerobtur ve en iyi üreme ısısı 37°C'dir. 15-45 °C'de de üreyebilirler. pH 7.2'de iyi ürerler [6].

2.2. İçme Suyu Kaynaklarının Kirliliği

İçme suyu kirlenmesi, dünyada en önemli çevresel problemlerden birisidir. Son yıllarda nüfusun hızlı artışı, plansız endüstrileşme ve bilinçsiz bir şekilde tarımsal kimyasalların kullanılması, katı atıkların gerektiği gibi uzaklaştırılmaması, atıksuların istenilen kalitede arıtılmaması veya arıtılmadan alıcı ortama verilmesi ve bunun gibi faaliyetler içme suyu kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bölgenin gelişmişlik düzeyine ve tarımsal alanların kullanımına göre bu sorun çok önemli boyutlara ulaşabilmektedir.

Dünya su rezervleri ile ilgili yapılan çalışmaya göre dünya, kaliteli su kaynakları açısından oldukça fakir bir görünüm sergilemektedir. Dünyada toplam 1.4 milyar metreküp su bulunmakta, ancak bu suyun %98'i okyanus ve denizlerdeki tuzlu sudan oluşurken, temiz suyun önemli bir kısmı kutuplarda ve ancak %1'i göl, nehir ve ulaşılabilir akiferlerde bulunmaktadır.

Dünya Su Konseyi Başkanı'nın açıklamalarına göre 1990'lı yıllarda 300 milyon insanın yaşadığı 26 ülkede susuzluk mevcuttur. 2050 yılı için yapılan tahminlere göre dünya nüfusunun üçte ikisini yaşadığı toplam 66 ülkede, orta yada şiddetli su sıkıntısı çekilecektir.

Dünya Kaynakları Enstitüsünün 1.3 milyar kişiye iyileştirilmiş içme suyu sağlanmasına karşılık 1.2 milyar kişi yeterli içme suyundan mahrum yaşamaktadır ve susuzluktan kaynaklanan hastalıklardan her yıl çoğunluğu çocuk olmak üzere 5 milyon kişi yaşamını yitirmektedir.

Ülkemizde yapılan çalışmalardan da görüleceği gibi içme suyu kaynaklarımız gün geçtikçe kirlenmektedir. Ancak bu konuda yapılan tekil çalışmalar ülke genelinde kirliliğin hangi boyutlarda olduğunu tam olarak değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

İçme suyu kirlenmesi doğrudan veya dolaylı olarak birçok sağlık problemine neden olmaktadır. Çocukların sağlığı tehdit eden en önemli kirlilik parametrelerinden biri içme suyu kirliliğidir ve çocuklar kirleticilerden, yetişkinlere göre daha fazla etkilenmektedir [7].

2.3. Su Kirliliği İle İlgili Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde 1982 anayasasının 56. maddesinde yer alan “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirliliğini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir” şeklindeki hüküm ile çevre kavramı hukuk sistemimizde yer almıştır.

2872 sayılı Çevre Kanunu, 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu gibi kanunlarımız ile su kirliliğinin önlenmesi ile ilgili maddeler içermektedir.

2872 sayılı Çevre Kanununun uygulanması ile ilgili olarak çıkartılan “Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği”, 04.09.1988 gün ve 19919 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı, ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacıyla korunması, en iyi biçimde kullanımının sağlanması ve su kirlenmesinin önlenmesidir.

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği uyarınca yayınlanan tebliğler aşağıda verilmiştir;

- Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği (R.G.: 12.03.1989 / 20106)
- İdari Usuller Tebliği (R.G.: 12.03.1989 / 20106)
- Numune Alma ve Analiz Usulleri Tebliği (R.G.: 07.01.1991 / 20748)
- Teknik Usuller Tebliği (R.G.: 07.01.1991 / 20748)

3. SERAMİK MALZEMELER

Seramik malzemeler genel anlamda yani günlük hayatı ve özel mühendislik uygulamalarını kapsayan anlamda, oldukça çok sayıda fonksiyonlarda geniş yer kaplar. Seramikler kısaca, metalik ve metal-olmayan elementlerin iyonik, kovalent veya her ikisinin karışımıyla bağlanmasıyla oluşan, üretimi için 500°C'nin üzerinde işlem sıcaklığına duyulan inorganik malzemelerdir.

3.1. Geleneksel Seramikler

Geleneksel seramiklerin hammaddeleri silikatlar ve alümina silikatlarıdır. Bu tip seramiklerin (çömlek, porselen, çimento, karolar, tıglalar, yalıtkanlar ve refrakterler) daha özel uygulama alanları için iyi ısısal ve elektriksel dayanım (yalıtkanlar için), süper korozyon ve yüksek sıcaklık dayanımları (refrakterler için) gerekmektedir. Son yıllarda, bunların mekaniksel ve kimyasal özellikleri daha iyi anlaşılmış ve bu da malzemelerin yüksek sertlik, mukavemet, kimyasal karalılık ve korozyona dayanım açılarından gelişmesine yansımıştır. Bunların, uygulama alanları araştırmaya açıktır. Ayrıca, seramik malzemelerin üretiminde yeni alanlar gün geçtikçe ortaya çıkmaktadır. Bu alanlar içerisinde en önemlisi yüksek performans gerektiren mühendislik uygulamalarında kullanılan ileri teknoloji seramiklerdir.

3.2. İleri Teknoloji Seramiklerin Sınıflandırılmaları

İleri teknoloji seramikleri diğer malzemelere oranla oldukça yeni bir sınıfa girerler. Uygulama alanları içerisinde üstün özellikleri sayesinde geniş bir yer kaplarlar. Fonksiyonları, özellikleri, uygulama alanları açısından ileri teknoloji seramikleri olarak Çizelge 3.1.'deki gibi sınıflandırılabilirler.

Çizelge 3.1. İleri teknoloji seramiklerin sınıflandırılması

Fonksiyonları	Özellikleri	Uygulama alanları
Bioseramikler	Antibakteriyel olma Biyolojik uygunluk Adsorpsiyon Katalist Korozyona dirençli	Kemik Diş Katalist taşıyıcı Kimyasal ekipmanlar
Mekanik	Yüksek mukavemet Aşınma direnci Düşük ısıl genleşme Yağlayıcılık	Kesici uçlar Aşındırıcılar Türbin pervaneleri Katı yağlayıcı
Isısal	Refrakterlik Yalıtım Isı toplama Isısal iletkenlik	Yüksek sıcaklık endüstrisi fırınlarında tuğla Elektrot malzemesi Elektronik parçalar için ısı kalkanı
Nükleer	Radyasyon direnci Refrakterlik Yüksek sıcaklık mukavemeti	Nükleer yakıt Kontrol malzemesi Reaktör tuğlaları
Optik	Optik odaklama Floresans özellik Geçirgenlik Optik iletkenlik	Lazer diodları Isıya dayanıklı geçirgen Porselenler Optik fiber
Elektrik ve manyetik	Elektriksel yalıtkanlık Elektriksel iletkenlik Piezoelektrik Dielektrik	Rezistans ısıtıcı elemanı Varistör Sensör Hafıza elemanı

Bu seramik malzemelerden, mekanik ve ısısal özellikleri açısından kullanım alanı bulanları yapısal seramikler; biyolojik, nükleer, optik ve elektromanyetik özelliklerinden dolayı seçilenleri ise fonksiyonel seramikler olarak adlandırılmaktadır [8].

3.2.1. Antibakteriyel seramikler

Antibakteriyel seramiklerde bir taşıyıcı bünyenin bulunması ve metal iyonlarını yapıya kolay katılması gereklidir. Taşıyıcı bünye baz alınarak antibakteriyel seramikler, amorf silika bünyeli, zeolit bünyeli, kalsiyum fosfat bünyeli olarak sınıflandırılabilirler.

Antibakteriyel seramikler doğrudan insanlarla temas halinde olabileceklerinden dolayı biyolojik uyumluluğa sahip olmalıdırlar. Daha önce yapılan çalışmalardan da hidroksiapatitin bio-uyumluluğunun yüksek olduğu bilinmektedir. Ameliyatla yapılan birçok implantasyonlarda insan vücudunun çeşitli yerlerinde, örneğin kemik, hidroksiapatit kullanılmaktadır. Bununla beraber hidroksiapatit'in kation değişim hızı ağır metallerle veya zararlı iyonlarla çok yüksektir, örneğin Ag^+ , Cd^+ , Pb^+ , vb. Ağır metal iyonu katkılı hidroksiapatitin kimyasal formülü aşağıdaki gibi verilebilir. Formülde M yerine yukarıda belirtilen iyonlar girebilmektedir. [9]



4. DEZENFEKSİYON

Dezenfeksiyon hastalığa neden olan organizmaların seçimli bir şekilde yok edilmesi işlemidir. Sterilizasyon ile karıştırılmamalıdır, sterilizasyon tüm organizmaların öldürülmesi anlamına gelir.

Dezenfeksiyon en yaygın olarak, kimyasal, fiziksel etkenler, mekanik araçlar ve radyasyon kullanılarak yapılır.

4.1. Dezenfeksiyon Mekanizması

Dezenfektan maddelerin etkisi dört şekilde gerçekleşir. Bunlar;

- Hücre duvarını tahrip etme
- Hücre geçirgenliğinin değiştirilmesi
- Protoplazmanın kolloidal yapısının değiştirilmesi
- Enzim aktivitesinin inhibisyonu

Hücre duvarının tahribi hücrenin ölümüne neden olur. Bazı maddeler (penisilin gibi) bakteriyel hücre duvarı sentezini inhibe ederler.

Fenolik bileşikler ve deterjanlar gibi maddeler ise stoplazmik membranın geçirgenliğini değiştirirler. Bu bileşikler, membranın seçimli geçirgenliğini bozarlar ve yaşam için gerekli azot ve fosfor gibi maddelerin hücre tarafından kullanılmasını engellerler.

Isı, radyasyon, kuvvetli asit ve kuvvetli bazlar, protoplazmanın kolloidal yapısını değiştirirler. Isı hücre proteinini koagüle eder. Dezenfeksiyonun diğer etkin mekanizması enzim inhibasyonudur. Klor gibi oksitleyici maddeler enzimlerin kimyasal düzenini bozabilir ve enzimleri etkisiz hale getirirler [3].

4.1.1. Dezenfeksiyona etki eden faktörler

Dezenfeksiyon işleminde aşağıdaki faktörler rol oynar;

- Organizma türü ve derişimi
- Dezenfektan türü, derişimi ve kullanılış biçimi
- Suyun fiziksel, kimyasal özellikleri (sıcaklık, askıda katı madde, organik madde derişimi, pH gibi)

- Temas süresi

Dezenfeksiyon işleminde en önemli değişken temas süresidir. Sabit dezenfektan derişimi için, temas süresi ne kadar fazla ise o kadar çok bakteri ölür. Bu gözlem ilk kez Chick tarafından yapılmıştır.

Chick Yasası;

$$\frac{dN}{dt} = -k \cdot N_t \quad (4.1)$$

N_t : Herhangi bir t anındaki yaşayan mikroorganizma sayısı

t : süre

k : sabit (süre⁻¹)

Öldürme hızı bazı durumlarda zamanla artabilir ya da azalabilir. Bu durumda;

$$\ln\left(\frac{N_t}{N_0}\right) = -k \cdot t^m \text{ 'dir.} \quad (4.2)$$

m : sabit

m < 1 ise öldürme hızı zamanla azalır

m > 1 ise öldürme hızı zamanla artar

Sıcaklığın dezenfektan etkisi van't Hoff – Arrhenius eşitliği ile gösterilir.

Sıcaklık arttıkça öldürme hızı artar.

$$\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right) = \frac{E \cdot (T_2 - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_2} \quad (4.3)$$

t_1, t_2 : T_1 ve T_2 sıcaklıklarında (°K), verilen bir öldürme yüzdesine ulaşmak için gereken süre

E : Aktivasyon enerjisi, J/mol (cal/mol)

R : Gaz sabiti, 8,314 J/mol °K (1,99 cal/ mol °K)

Dezenfektanların etkinliği, mikroorganizmaların tiplerinde de etkilenir. Örneğin, büyümekte olan bakteriler kolaylıkla öldürülebilir. Bunun tam aksine bakteriyel sporlar çok dirençlidir ve kimyasal dezenfektanlar az etkilidir ya da hiç etkili değildir. Isı gibi diğer dezenfektan etkiler kullanılır.

Askıda katı madde içeren sularda, yabancı organik maddeler, yükseltgen dezenfektanların çoğu ile tepkimeye girerek bunların etkilerini düşürür.

Dezenfektan tipine bağlı olarak dezenfeksiyonun etkinliği derişime bağlıdır.

$$C^n \cdot t_p = k \quad (4.4)$$

C: dezenfektan derişimi

t_p : sabit bir ölüm yüzdesine ulaşılan süre, t (yüzde yok olma süresi)

$n > 1$ ise temas süresi dozajdan daha etkin

$n < 1$ ise temas süresi ve dozaj aynı etkiye sahip [10].

4.2. Dezenfeksiyon Yöntemleri

Dezenfeksiyon işleminde kullanılan yöntemler şu şekilde sınıflandırabilir;

1. Fiziksel yöntemler
 - a) Isı ile dezenfeksiyon
 - b) Ultraviyole ışık ile dezenfeksiyon
2. Kimyasal yöntemler
 - a) Alkali ve asitler ile dezenfeksiyon
 - b) Yüzey aktif kimyasal maddeler ile dezenfeksiyon
 - c) Metal iyonları ile dezenfeksiyon
 - d) Halojenler ile dezenfeksiyon
 - e) Ozon ile dezenfeksiyon
 - f) Potasyum permanganat ile dezenfeksiyon [11]

4.2.1. Klor ile dezenfeksiyon

Atıksu arıtım tesislerinde en yaygın kullanılan klor bileşikleri, klor gazı (Cl_2), kalsiyum hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$], sodyum hipoklorit (NaOCl), ve klor dioksit(ClO_2)'dir.

Klor gazı suya ilave edildiğinde ard arda iki reaksiyon görülür. Bunlar hidroliz ve iyonizasyondur. Bu reaksiyonlar ve denge bağıntıları aşağıda verilmektedir.

Hidroliz;



$$K = \frac{[\text{HOCl}][\text{H}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{Cl}_2]} = 4,5 \cdot 10^{-4} \quad , 25^\circ\text{C}'de \quad (4.6)$$

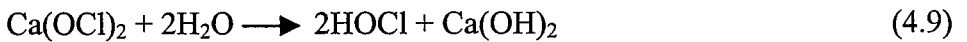
İyonizasyon;

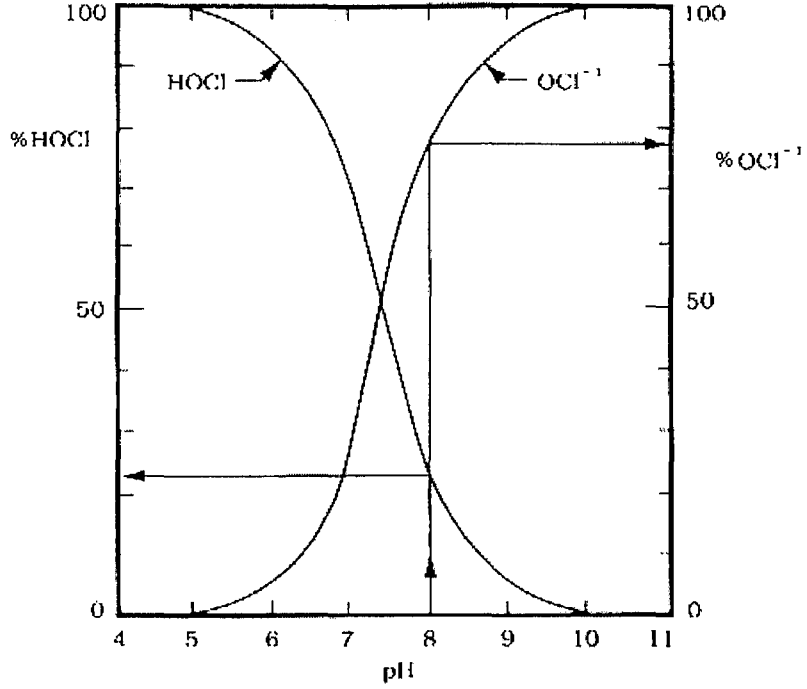


$$K_i = \frac{[\text{H}^+][\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]} = 2,9 \cdot 10^{-8} \quad , 25^\circ\text{C}'de \quad (4.8)$$

Suda bulunan HOCl ve OCl^- 'nin miktarları serbest klor olarak adlandırılır. HOCl, OCl^- 'e göre daha kuvvetli bir dezenfektandır [12]. Bu nedenle birinci reaksiyonun sağa, ikinci reaksiyonun sola doğru olması istenir. Bu ise belli bir aralıktaki pH değerlerinde mümkün olur. PH'a bağlı HOCl yüzdeleri Şekil 4.1.'de verilmiştir [13].

Serbest klor suya hipoklorit tuzları şeklinde de eklenebilir. Bu durumda reaksiyonlar aşağıdaki gibi gerçekleşir [12].

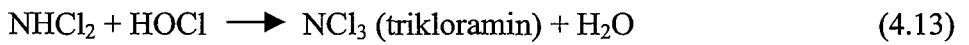
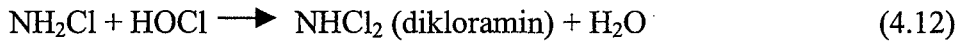
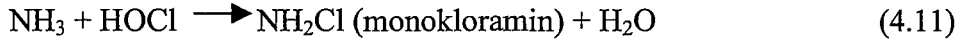




Şekil 4.1. PH'a bağlı HOCl yüzdeleri [14].

4.2.1.1. Amonyak ile reaksiyonlar

Klor sudaki amonyak ile kloraminler adı verilen bileşikleri oluşturur. Klor, amonyak içeren suya ilave edildiğinde aşağıdaki reaksiyonlar gerçekleşir.

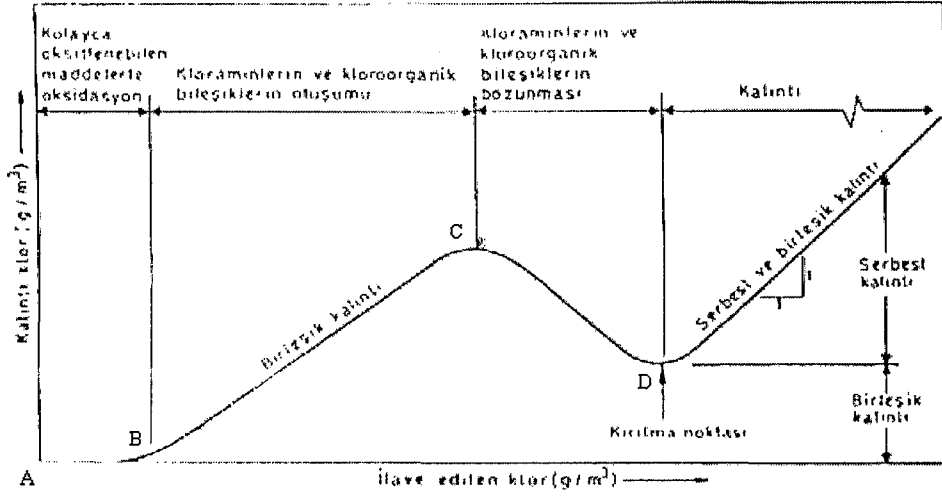


Bu reaksiyonlar pH, sıcaklık, temas süresi ve klor/amonyak oranına bağlıdır. Pek çok durumda monokloramin ve dikloramin suda daha çok bulunur. Bu bileşiklerdeki klor birleşik mevcut klor olarak adlandırılır [10].

4.2.1.2. Kırılma noktası klorlaması

Klor ihtiyacı suya ilave edilen klor ile, belli bir temas süresi sonunda kalan serbest ve yararlanılabilir klor arasındaki farktan bulunur. Hiçbir indirgen madde içermeyen sularda eklenen klor dozuna karşı kalıntı klor beklentisi bir 45° eğrisi çizer. İndirgen maddeler ve amonyak içeren bir suya klor ilave edildiğinde Şekil 4.2.'deki eğri elde edilir. Uygulanan klor dozunun doğal ve atık sularda

oluşturduğu kalıntı klor derişimini izleyerek, suların klor ihtiyacını belirlemek bu eğri yardımıyla mümkün olur.



Şekil 4.2. Kırılma noktası klorlaması

Klor önce sudaki indirgen maddelerle reaksiyona girer. AB eğrisini oluşturur. B noktası, indirgen maddelerin giderimi için gerekli dozu gösterir. B noktasından sonra klor ilave edildiğinde kloraminler oluşur. Monokloramin ve dikloramin genellikle birlikte ele alınır. Bunlar dezenfektan olarak etkilidir ve birleşik kalıntı klor oluştururlar. Bunların karşılıklı miktarları ortamın pH'ına bağlıdır. Tüm amonyak tüketildiğinde, C noktasına gelinir. Serbest yararlanılabilir klor arttıkça, önceden oluşan kloraminler okside edilir. Bu ise, azot oksit, azot triklorür gibi okside olmuş azot bileşiklerinin oluşup serbest kloru tüketmesine neden olur. Böylece C ve D noktaları arasındaki eğri oluşur. Kloraminlerin tümünün oksidasyonu tamamlanınca, suya ilave edilen klor suda kalıntı klor olarak artmaya başlar. D noktası kırılma noktası olarak ifade edilir. Bu noktanın ilerisinde daha fazla klor ilavesi sonucu tüm klorun serbest yararlanılabilir klor haline geçmesi gerekir.

Bu bilgiler sadece suların garantili dezenfeksiyonunda değil, atıksulardan azotlu maddelerin nihai artımı için de önemlidir [13].

4.2.1.3. Klorlama ile trihalometan oluşumu

Dünyada ve Türkiye’de pek çok içme suyu arıtma tesisinde dezenfektan olarak kullanılan klorun, doğal organik maddelerle reaksiyona girerek “dezenfeksiyon yan ürünleri” olarak tanımlanan klorlu-organik bileşiklerin oluşumuna yol açtığı bilinmektedir.

Dezenfeksiyon yan ürünleri, organik moleküldeki aktif kısımların halojen olarak adlandırılan klor, brom veya iyot ile yer değiştirmesi sonucu meydana gelir. Bunların başlıcaları, trihalometanlar (THM) haloasetik asitler (HAA) ve haloasetonitriller (HAN)’dir. En sık rastlanan THM bileşikleri; kloroform (CHCl_3), bromodiklorometan (CHBrCl_2), dibromoklorometan (CHBr_2Cl) ve bromoform (CHBr_3) olup, genellikle toplam olarak ifade edilmektedir.

Sindirim sistemi kanseri ile, içme suyunda düşük seviyede bulunan THM’lere uzun süreli maruz kalınması arasında bir bağlantı olduğu bilinmektedir. Klorlanmış su içenlerin bağırsak ve mesane kanserine yakalanma riskleri klorlanmamış su içenlere göre daha daha yüksektir. ABD Çevre Koruma Örgütü (USEPA) Ulusal Birincil İçme Suyu Kirletici Standartları’nda THM’lerin kanserojen oldukları ve karaciğer, böbrek ve sindirim sistemi üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirtilmektedir.

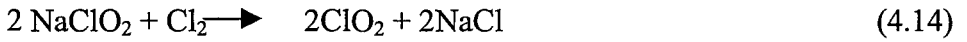
1998 yılında USEPA tarafından yürürlüğe konulan talimatlarda toplam THM (TTHM) miktarı $80 \mu\text{g/L}$ olarak belirtilmiştir. Söz konusu sınır değeri 2000 yılı itibarıyla $40 \mu\text{g/L}$ olarak belirtilmektedir. Avrupa Birliği’nin 1995 yılında öngördüğü yönergeyle, kloroform ve bromodiklorometan limit değerleri sırasıyla 40 ve $15 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Türkiye’de içme suyu standartlarında (TSE 266) bu yönde herhangi bir düzenleme halen bulunmamaktadır.

Sudaki toplam organik karbon (TOK) miktarı, sıcaklık, pH, klor dozu ve sudaki bromür derişimi gibi faktörler THM oluşumunu etkilemektedir. Su arıtma sürecinde başlayan THM oluşumu, suda serbest klor bakiyesi bırakılması nedeniyle dağıtım sisteminde de devam etmektedir [15].

4.2.2. Klordioksit ile dezenfeksiyon

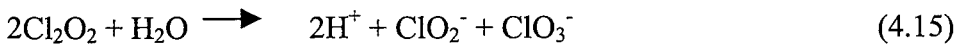
Bir dezenfektan olarak klordioksitin serbest klor ve hipoklorite göre bazı avantajları vardır. Bir oksitleyici olarak hipokloröz asit kadar etkilidir ve yüksek pH değerlerinde iyi bir dezenfektandır. Klordioksit amonyakla reaksiyona girmediğinden kloraminler oluşmaz, ayrıca organik maddelerle de reaksiyona girmediğinden kloroform veya diğer trihalometanların oluşumu söz konusu değildir. Klordioksitin başka bir avantajı ise klorun farklı türleri ile reaksiyona giren fenollü bileşikler bozarak istenmeyen tatlara neden olan klorlu fenollerin oluşumunu engellemesidir.

Klordioksit çok karasız bir gazdır, bu yüzden genellikle sodyum klorit (NaClO_2) ile kuvvetli bir klor çözeltisinin karıştırılması ile elde edilir.



Klordioksit elde edilmesi biraz fazla klor ilavesi ile pH'nın 4'ün altına düşürülmesi ile arttırılabilir. Klordioksitin yaygın olarak kullanılmamasının sebepleri diğer klor formlarına göre pahalı olması ve konuda fazla uygulamanın olmamasıdır. Ayrıca klordioksit ile dezenfekte edilen sularda klorit oluşabilir ve günümüzde kloritin insan sağlığı üzerine etkileri konusunda şüpheler bulunmaktadır. Bu sebeplerden dolayı avantajları ve dezavantajları tam açığa kavuşmadan yeni bir dezenfektanın kullanımına dikkatli yaklaşılmaktadır.

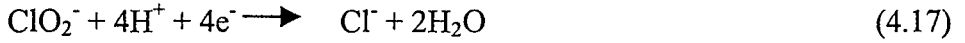
Amperometrik titrasyon veya DPD (N,N-dietil-p-fenienediamine) metodu kullanılarak klordioksit tayini yapılabilir. Ancak klor dioksiti diğer bakiye klor formlarından ayırabilmek için, onun bazı kimyasal özelliklerini bilmek gereklidir. PH = 12 gibi yüksek pH değerlerinde klor dioksit klorite ve klorata dönüşür.



Nötr pH değerlerinde, klordioksitin oksitleme gücü, DPD veya fenilarsin oksit gibi indirgen maddelerden birinin titrasyonu ile klorit oluşumunu sağlayarak kısmen ölçülebilir.



pH = 2 gibi düşük değerlerde ise, klorit klorüre indirgenir, bu da eşit miktarda iyotun oksitlenmesine karşı gelir.



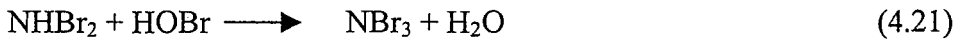
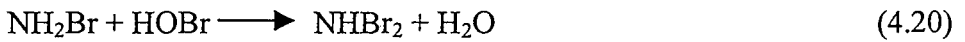
Değişik pH değerlerinde, farklı kimyasal madde ilaveleri ile klorlu türlerin indirgenmesini hızlandırarak veya önleyerek yapılacak titrasyonlar sonucu serbest klor, bileşik klor, klor dioksit, klorit ve klorat konsantrasyonları yukarıdaki kimyasal denklemlerin de yardımıyla bulunabilir [16].

4.2.2. Brom klorür ile dezenfeksiyon

Brom klorür gazı suda hipobromöz asit oluşturur ve bu bileşik brom bileşikleri arasınca en fazla germisidal etkiye sahip olanıdır.



Hipobromöz asit suda bulunan amonyak ile aşağıdaki şekilde bromaminleri oluşturur.



Bromaminler, kloraminlerden daha az karalıdır ve germisidal etkileri etkinlikleri daha fazladır. Brom klorür ile dezenfeksiyon işlemi sırasında suda bulunan organik bileşikler ile bromlu organik bileşikler oluşmaktadır. Ancak bu bileşikler hidrolitik ve fotokimyasal reaksiyonlarla kolayca bozunmaktadır [3].

4.2.3. Ozon ile dezenfeksiyon

Kullanılan bir başka dezenfektan ise ozondur. Ozonun avantajı düşük konsantrasyonlarda bile kuvvetli bir dezenfektan olmasıdır. Dezavantajı ise yüksek maliyetidir. Özellikle tesiste kurulması gereken ozon üretim ekipmanının maliyeti oldukça yüksektir. Ayrıca ozonun kalıcı bir özelliği bulunmamaktadır, bu yüzden dağıtım sistemine verilen suya ilave bir kalıcı dezenfektan, örneğin kloramin, katılır. Ozonun başka bir avantajı ise kullanımı esnasında halojenli organik bileşiklerin oluşmamasıdır.

Ancak ozon doğal humik maddelerle reaksiyona girerek, biyolojik parçalanmaya karşı humik maddelerden daha hassas olan organik maddeleri oluştururlar. Bunun sonucunda ise borularda bakteri oluşumu gözlenebilir ki bu da su kalitesine ve borularda su akışına zararlı olabilir. Sudaki organik maddelerle etkileşmesinden dolayı koku ve tat veren organik maddelerin giderilmesinde de ozon kullanılabilir. Ayrıca ozon uygulanması ile indirgenmiş demir ve mangan tuzlarının çözünmeyen oksitlere dönüştürülerek dağıtımdan önce uzaklaştırma yoluna da gidilmektedir.

Bakiye ozon ölçüm yöntemleri ozonun organik maddeyi oksitleme kabiliyetine dayanmaktadır. Burada indigo, mavi renkli boya, kolorimetrik işlem için kullanılmaktadır. Asidik şartlarda ozon hızla indigoyu oksitleyerek renksizleştirir. Ozon içeren sudan kaynaklanan standart indigo çözeltisindeki bu renk açılması spektrofotometre ile ölçülür [16].

4.2.4. UV ile dezenfeksiyon

Ultraviyole ışık kaynağından yayılan radyasyon su kaynaklarının dezenfeksiyonu amacıyla ilk kez uygulandığı 1900'lü yıllardan beri sınırlı bir kullanıma sahiptir. Başlangıçta yüksek kaliteli su temininde kullanılmaktaydı. Son yıllarda atıksu arıtımında kullanımı önem kazanmaktadır. Yeterli dozlardaki ultraviyole radyasyonun herhangi bir toksik bileşik oluşturmadan bakterisit ve virüsit olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Günümüzde düşük basınçlı civalı ark lambaları UV radyasyonunun dezenfeksiyon amacıyla kullanımında en yaygın kaynaktır. Civalı ark

lambalarının ürettiği 253 nm dalga boyunda monokromatik ışık optimum germisidal etkiyi sağlamaktadır.

254 nm dalga boyundaki radyasyon mikroorganizmanın hücre duvarından geçerek, hücre içindeki DNA ve RNA tarafından absorblanır. Bu da hücrenin çoğalmasını engeller ve hücrenin ölmesine neden olur. UV radyasyonun bakterisit etkinliği suyun berrak olmasına bağlıdır. Bulanıklığa neden olan kirleticiler UV radyasyonunun doğrudan bakteriye ulaşmasını engelleyecektir.

UV radyasyonunun su dezenfeksiyonunda etkin olabilmesi için en etkili yöntem, suyun ince bir film tabakası şeklinde UV lambalar arasından geçirilmesidir.

UV radyasyonun kimyasal bir ajan olmaması nedeniyle suda toksik bir kalıntı oluşturması söz konusu değildir. Buna rağmen sudaki bazı bileşikler UV radyasyon ile değişikliğe uğrayabilmektedir. Ancak bunların daha sonra zararsız formlara dönüştüğü düşünülmektedir. Bu nedenle UV radyasyonun, çevreye zararlı ya da faydalı etkilerinin olmadığı düşünülmektedir [12].

4.2.5. Elektrokimyasal dezenfeksiyon

Su dezenfeksiyonu elektrokimyasal olarak da gerçekleştirilebilmektedir. Son zamanlarda bu konu üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır. Suyun elektrokimyasal dezenfeksiyonu en az uygulama alanı gerektiren dezenfeksiyon sürecidir. Elektrokimyasal süreçle yapılan dezenfeksiyonun en önemli avantajı, dezenfekte etme özelliğine sahip kimyasalların kullanılacağı yerde üretilmesidir. Böylece klorlamada endişe yaratan klorun depolanması ve taşınması sırasında meydana gelebilecek tehlikelerin önüne geçilmektedir.

Elektrokimyasal dezenfeksiyonda doğru akım veya düşük veya yüksek frekanslı (0,5 800 Hz) alternatif akım uygulanabilmektedir. Fakat yapılan çalışmalarda doğru akımın dezenfeksiyonda alternatif akımdan çok daha etkili olduğu bulunmuştur. Elektrokimyasal su dezenfeksiyonunda elektrot malzemesi olarak grafit, granüler aktif karbon, aktif karbon lif ve gümüş kullanılabilir. Bazı durumlarda NaCl ve NaBr gibi maddeler suya eklenerek sürecin etkinliği artırılmaktadır.

Elektrokimyasal su arıtımı ile boyutları virüslerden bakteri ve alglere kadar değişen yaklaşık 40 tür mikroorganizma türünü başarılı olarak sudan giderebilmektedir.

Elektrokimyasal su dezenfeksiyonun etki mekanizması temel olarak bakterilerin anotta direkt olarak yükseltgenmesine ya da elektrokimyasal olarak bir yükseltgen üretilerek bakterilerin elektrokimyasal reaktörde indirekt yolla yükseltgenmesine dayanmaktadır.

Direkt yükseltgeme ile elektrokimyasal dezenfeksiyonda, elektrokimyasal reaktöre sabit gerilim uygulanması ile bakteri hücrelerinin solunum aktivitesinin azalması sağlanmakta ve sonuçta ölümüne sebep olunmaktadır. Bu yöntem hücre içi koenzim A'nın elektro yükseltmesine dayanmaktadır.

İndirekt yükseltgeme ile elektrokimyasal dezenfeksiyonun prensibi elektrokimyasal bir hücrede bir yükseltgen üretilmesine dayanmaktadır. Üretilen yükseltgen de genellikle klordur. Suda her zaman bulunan klorür elektrokimyasal olarak yükseltgenerek ya da suya ilave edilen sodyum klorür ile klor veya hipoklorit üretilerek kirleticilerin dezenfeksiyonunda kullanılabilir [17].

4.2.6. Metal iyonları ile dezenfeksiyon

Ağır metallerin çoğu yalnız başına veya bileşikler halinde bazı yerlerde mikroorganizmaların kontrol edilmesinde kullanılabilir. Bu ağır metallerin, antibakteriyel etkileri birbirlerinden farklıdır, fakat antibakteriyel etkilerine göre bir sıraya sokarsak Hg^{++} ve Ag^+ bu sıranın en başında yer alırlar. Bunlar 1ppm'den daha az yoğunlukta uygulandıklarında bakterileri öldürecek etkiye sahiptirler. Buna oligodinamik etki de denmektedir. Yani yukarıda belirtildiği gibi metallerin özellikle gümüşün çok az miktarlarının mikroorganizmalar üzerine etki yapmasına mikrobiyoloji literatüründe oligodinamik etki denmektedir. Bir metalin oligodinamik etkisini laboratuvarında görmek çok kolaydır. Üzerine herhangi bir mikroorganizma türünün aşılandığı katı bir ortam üzerine temiz ufak bir gümüş ya da bakır metal kondduğunda, belirli bir süre sonra ortama bırakılan metalin etrafında herhangi bir büyümenin olmadığı görülür. Burada ortamın sahip olduğu metal iyonu miktarı ppm olarak ifade edilecek kadar azdır. Bu ortamdaki metal

iyonu miktarının çok az olmasına rağmen hücreler tarafından bu iyonlar çok miktarda çekilmektedir. Örneğin bu metalin gümüş olması halinde maya veya bakteri hücreleri tarafından Ag^+ iyonları 10^5-10^7 adet iyon yoğunluğunda çekildiklerinde ölüm gerçekleşmektedir. Bu nedenle metal iyonlarının etkinliği ortamdaki hücre sayısı ile de ilgilidir. Eğer çok sayıda hücre ortamda bulunacak olursa hücrelerin içinde yukarıdaki öldürücü yoğunluğa ulaşılmayabilir.

Gümüş, oligodinamik etkiye sahip olduğundan, sargı bezleri ve merhem gibi antiseptik sıhhi malzemelerin hazırlanmasında da kullanılabilir.

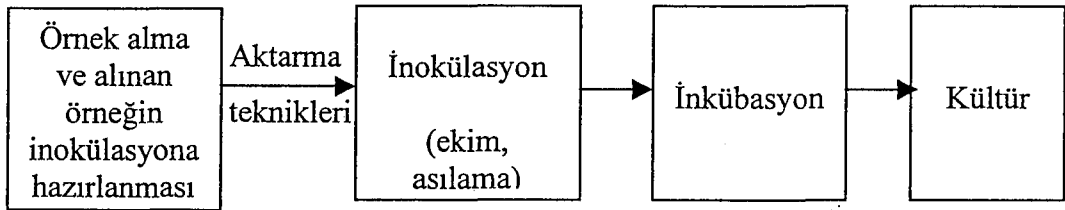
Hg^{++} 'nin antibakteriyel etkisi hücre içinde yer alan enzimlerin $-SH$ (sülfidril grupları) grupları tarafından ortadan kaldırılabilir. Bu ağır metal iyonları hücre içine girdiklerinde $-SH$ grupları ile birleşerek merkaptidleri oluşturur. Daha önce belirtildiği gibi bu metallerin iyon formları öldürücüdür. Merkaptidlerin oluşması ile hücre içinde bu iyonlar ortadan kalmaktadır. Hücre içine alınan bu tür metal iyonlarının bazıları merkaptidlerin oluşmasına neden olduklarından hücre içinde pasif duruma geçmektedir. Ancak pasif duruma geçirilemeyen metal iyonları öldürücü etkiye sahip olabilmektedir. Bu yüzden hücreler ancak $10^5-10^7 Ag^+$ aldıklarında ölmektedir [18].

5. BAKTERİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

5.1. Mikrobiyolojik Örnek Alma ve Kültür Yapma

Üzerinde veya içinde mikroorganizma üretilmiş (ya da üremiş) besiyerleri kültür olarak adlandırılır. Besiyerinde bir mikroorganizma türü üretilmiş ise bu saf kültürdür.

Kültür yapma, mikroorganizmaların buldukları ortamdan belirli tekniklerle alınarak, uygun bir besleyici ortama aktarılması ve burada gelişmelerinin sağlanması aşamalarını içerir.



Şekil 5.1. Kültür elde etme aşamaları

Ancak kültür yapmadaki bu aşamalardan önce bir takım ön hazırlıkların gerçekleştirilmesi gerekir. Bu amaçla yapılacak ilk işlem steril besi yerinin hazırlanmasıdır. Bunun için önce kültürü yapılacak örneğe veya incelenecek mikroorganizmaya ya da mikroorganizma grubuna uygun bir besiyerinin seçimi yapılır. Daha sonraki aşamada ise bu besiyeri usulüne uygun olarak hazırlanır ve sterilize edilerek kullanıma hazır hale getirilir.

5.1.1. Örnek alma ve alınan örneğin inokülasyona hazırlanması

Örnek alma ve alınan örneğin inokülasyona hazırlanması kültür yapmadaki en önemli aşamalardan birisidir. Her zaman olduğu gibi, bu aşamada da aseptik koşullara tümüyle uyulmalıdır. Bu amaçla, örneğin alınmasında kullanılan malzemeler ile örneğin aktarılacağı örnek kapları daha önceden sterilize edilmelidir. Örneğin alınması ve örnek kabına aktarılması sırasında bunzen bek alevi altında çalışılmalıdır.

Alınan örnek bir takım ön işlemlerden geçirilerek inokülasyona hazır hale getirilir. Özellikle mikrobiyolojik sayımlarda, incelenecek örneğin dilüsyonları yapılır. Dilüsyon yapma aslında bir seyreltme işlemidir. Bu amaç için uygun dilüsyon sıvıları kullanılır.

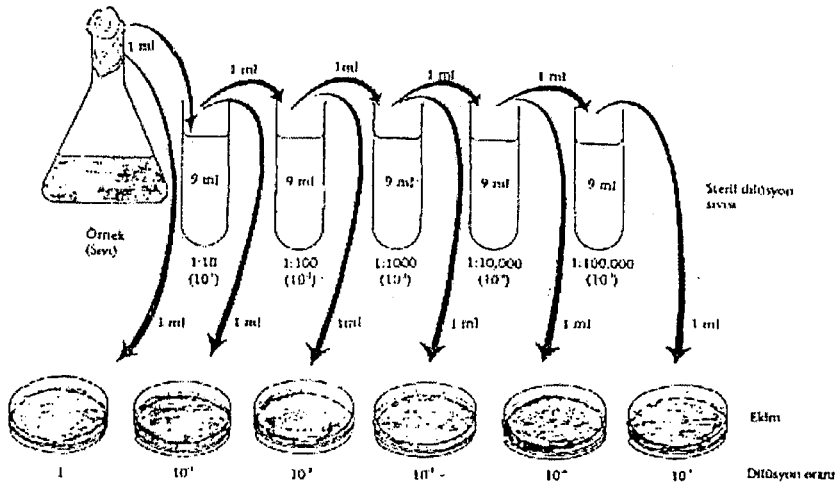
5.1.1.1. Dilüsyon hazırlama

Kültürel sayım yapılacak bir örneğin ml'sinde binlerce hatta milyonlarca mikroorganizma bulunabilir. Bu nedenle, incelenecek örneğin uygun seri dilüsyonları hazırlanır. Dilüsyon hazırlama, mikrobiyolojik yönden incelemeye alınacak orijinal örnek içindeki mikroorganizma sayısının belli oranlarda daha aza indirilmesini sağlayan bir işlemidir.

Damıtık su, serum fizyolojik, tamponlu fosfat dilüsyon sıvısı ve nutrient broth gibi bazı sıvı besiyerleri en sık kullanılan dilüsyon sıvılarıdır. Dilüsyon sıvıları ekimler öncesi hazırlanarak sterilize edilmelidir.

Dilüsyon sıvıları ondalıklı, iki katlı ya da dört katlı dilüsyon serileri şeklinde hazırlanabilir. Ancak en sık kullanılan ondalıklı dilüsyon serileridir.

Ondalıklı dilüsyon serilerinde, dilüsyon sıvıları her bir deney tüpünde 9 ml dilüsyon sıvısı olacak şekilde hazırlanır. Dilüsyon sırasında her bir tüpten bir sonrakine 1 ml örnek aktarılır. Bu şekilde her bir aktarmada örnek on kat seyrelmiş olur.



Şekil 5.2. Dilüsyon hazırlanması

5.1.2. Aktarma teknikleri ve inokülasyon

İnokülasyon, incelenecek örneğin steril bir besi yerinin üzerine ya da içine, aktarma tekniklerinden yararlanılarak, uygun bir şekilde aktarılması olayıdır.

Aktarma sırasında kullanılacak olan öze ve pipet gibi gereçler mutlaka steril olmalıdır. Hiçbir şekilde, incelenecek olan örneğe veya aktarma yapılacak olan steril besiyerine sterilize edilmemiş öze veya pipet daldırılmamalıdır. Aktarma işlemi tamamlandıktan sonra, pipetler içinde dezenfektan çözeltisi bulunan uygun bir kaba konurlar. Öze işlem bittikten sonra alevde tutularak sterilize edilir.

Aktarma işlemleri gerçekleştirilirken, aktarılacak örnek ve aktarma yapılacak steril besiyerini içeren tüp veya balon gibi cam kapların ağız kısımları, işlemler öncesi ve sonrası ayrı ayrı olmak üzere mutlaka bunzen beki alevinden geçirilir. Bu işlem ile kapların ağız kısımlarındaki boşluklarda konveksiyon akımları yaratılmakta ve böylece kapların ağız kısımlarından hava yoluyla girebilecek mikroorganizmalar çevreden uzaklaştırılabilir. Aktarma tamamlandıktan sonraki alevden geçirme işlemiyle, aktarma anında kapların ağız kısımlarına herhangi bir şekilde mikroorganizmaların kontamine olmasının önlenmesi amaçlanır.

Alevden geçirme sırasında, tüp balon veya erlenmayer gibi kapların ağızlarındaki pamuk tıkaç, öze pipet tutan elin parmaklarıyla çıkarılır. Bu sırada , pamuk tıkaç hiçbir şekilde, kontaminasyon kaynağı olabilecek yüzeylere temas ettirilmez veya yüzeylere bırakılmaz. Aktarma işlemi seri bir şekilde gerçekleştirildikten sonra kabın ağız kısmı alevden geçirilir ve pamuk tıkaç kabın ağızına tekrar yerleştirilir.

5.1.3. İnkübasyon

Kültür elde etmedeki son aşamadır. İnkübasyon, ekim yapılmış besiyerini içeren kabın, uygun bir inkübatörde, belli bir sıcaklıkta belli bir süre tutulması işlemidir.

Petri kutuları, inokülasyonu takiben belli bir süre bekledikten sonra, örnek absorpsiyonu ve agarın katılaşması için ters çevrilerek inkübatöre yerleştirilir. Böylece, petri kutusu içinde oluşabilecek su buharını kapakta kondense olup besiyerine damlayarak kültürün kontaminasyonu ile olduğundan daha fazla sayıda veya büyük koloni oluşumu risklerinin önüne geçilmiş olur.

İnkübasyon sıcaklığı ve süresi, ekim yapılan örnek veya çalışılan mikroorganizmanın özelliği ya da çalışmanın amacına göre belirlenir.

5.2. Mikrobiyolojik Sayım Yöntemleri

Mikrobiyolojik problemlerin çözümünde, mikroorganizma sayısı incelenen örneğin mikrobiyolojik kalite yönünden değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bir çok mikrobiyolojik sayım yöntemi geliştirilmiştir. İncelenen örneğin özelliğine göre bu yöntemlerden uygun olanı seçilir.

Sayım sonuçları, incelenen örneğin sıvı, katı veya yüzey olmasına göre sayı/ml, sayı/g veya sayı/cm² olarak verilmektedir. Katı besiyerinde koloni sayımına dönük sayım yöntemlerinde ise sonuçlar sayı yerine cfu/ml, cfu/g veya cfu/cm² şeklinde belirtilmektedir. Sayım sonuçları mevcut standart, tüzük, yönetmelik, vb. kaynaklarda belirtilen limitlerle karşılaştırılarak, incelenen örneğin mikrobiyolojik kalitesi hakkında karara varılabilir.

Mikrobiyolojik sayım yöntemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

1. Direkt Sayım Yöntemleri :Direkt olarak mikroorganizma kolonileri veya hücrelerinin sayıldığı yöntemdir.

a. Kültürel sayım yöntemleri (canlı sayım, koloni sayımı)

- Dökme plak yöntemi
- Çift tabakalı dökme plak yöntemi
- Agar yüzeyine yayma yöntemi
- Agar damlatma yöntemi
- Dönen tüp yöntemi
- Lam üzerinde mikroskopik sayım yöntemi
- Membran filtre sayım yöntemi
- Petrifilm sayım yöntemi

- Thoma lamı ile sayım yöntemi
 - Petroff-Hauser lamı ile sayım yöntemi
 - Howard lamı ile küflü saha sayımı
 - Breed'in yayma yöntemi
 - Membran filtre yöntemi
 - Flouessant mikroskobi yöntemleri
- c. Flow sitometri (canlı ve ölü hücrelerin toplam sayımı)

2. İndirekt Sayım Yöntemleri

- a. En muhtemel sayı yöntemi
- b. Tüp dilüsyon yöntemi
- c. Türbidimetrik sayım yöntemi
- d. Hücre içeriğindeki belirli bazı maddeleri belirleme prensibine dayalı sayım yöntemleri
- e. Kuru madde tayinine dayalı sayım yöntemi
- f. Toplam sediment miktarı tayinine dayalı sayım yöntemi
- g. McFarland yöntemi
- h. Metabolik aktiviteye dayalı sayım yöntemleri
 - Renk maddeleri indirgenmesine dayalı sayım yöntemleri
 - Empedans ölçümüne dayalı sayım yöntemleri
 - Mikrokolorimetri

Mikrobiyolojik sayım yöntemlerinin bu çeşitliliğine rağmen, bunların tümü sık olarak kullanılmamaktadır. En yaygın olarak kullanılanlar, dökme plak yöntemi, agar yüzeyine yayma yöntemi, direkt mikroskobik sayı yöntemleri, en muhtemel sayı yöntemi, renk maddeleri indirgenme testleri, türbidometrik yöntemlerdir.

5.2.1. Kültürel sayım yöntemi

Bu yöntemlerde katı besiyerleri kullanılmakta ve inkübasyonu takiben, besiyerinde gelişen mikroorganizma kolonileri sayılarak sonuca gidilmektedir. Bu nedenle kültürel sayım yöntemleri koloni sayımı olarak da adlandırılabilir. İncelenen örnekte yalnızca canlı mikroorganizmalar sayıldığından, bu sayımlar canlı sayım olarak da isimlendirilir.

Kültürel sayım yöntemlerinde, ilk aşamada sayım yapılacak örneğin ekimlere hazırlanması gerekir. Daha sonra örneğin uygun seri dilüsyonları hazırlanarak uygun agarlı bir besiyerine ekimleri gerçekleştirilir. En son aşamada ise inkübasyon işlemine geçilir. İnkübasyon sonrası, canlı bir bakteri katı bir besiyerinde bir koloniye eşdeğerdir varsayımından hareketle koloniler sayılır. Toplam sayımın dilüsyon faktörü ile çarpılmasıyla elde edilen sonuç incelenen örneğin özelliğine göre cfu/ml, cfu/g veya cfu/cm² olarak verilir.

5.2.1.1. Dökme plak yöntemiyle kültürel sayım

İncelemeye alınan örnekteki canlı mikroorganizmaları saymayı amaçlayan bir yöntemdir. Dökme plak yöntemi, petri kutuları ve katı besiyerleri kullanılarak gerçekleştirilir. İncelenecek örnek homojen hale getirilir ve dilüsyon serileri hazırlanır. Ekim yapılacak dilüsyonlar belirlenir. Sterilize edilmiş petri kutularına, steril pipet ile seçilen dilüsyondan 1 ml aktarılır. Çalışmalar üç paralel çalışmaya olacak şekilde yapılmalıdır. Vakit geçirilmeden her bir petriye 15-20 ml miktarda eritilmiş ve 44-48°C'ye soğutulmuş steril katı bir besiyeri dökülür. Agar katılaşmadan hemen, petri kutularına düz bir yüzey üzerinde sekiz hareketi çizdirilerek örnek ile besiyerinin homojen karışımı sağlanır ve agarın katılaşması beklenir. Aynı besiyeri sterilite kontrolü için, steril iki tane boş petri kutusuna dökülür ve agarın katılaşması beklenir. Petri kutuları ters çevrilerek, sıcaklığı ayarlanmış ve istenilen sıcaklığa erişmiş bir inkübatöre yerleştirilir. İnkübasyon sonunda 50-500 koloni içeren petri kutular sayıma alınır.

$$\text{cfu/ml} = \text{sayım sonucu} \times \text{dilüsyon faktörü} \quad (4.22)$$

5.2.1.2. Yüzeğe yayma yöntemiyle kültürel sayım

Yüzeğe yayma yönteminin uygulaması basit ve kolaydır. Petri kutusuna agarlı besiyeri dökülürken oluşabilecek hava kabarcıkları ekim öncesi steril bir iğne öze ile ortadan kaldırılır.

Bu yöntemde, yaklaşık 50°C'deki erimiş steril agarlı besiyeri, aseptik koşullarda steril petri kutularına 15-20 ml miktarda dökülür. Agarın katılaşmasından sonra petri kutuları etüvde kurutulur, agar yüzeyinin kuru olması çok önemlidir. İncelenecek dilüsyondan veya sıvı örnekten belli bir miktarda alınarak kuru agar yüzeyine aktarılır ve steril dragalski özesi ile yayılır. Dragalski özesi her kullanımdan hemen önce alkole daldırılır ve daha sonra bunzen beki alevinden geçirilir ve alkolün yanıp uzaklaşması sağlanır. Öze ekim öncesinde besiyerinin boş kısmına değdirilerek soğutulur. Ekimler yine üç paralel olacak şekilde yapılır. Ekim yapılan petri kutuları 10-15 dakika bekletilir ve daha sonra inkübasyona alınır. Bekletmenin amacı, besiyerinin inokulumu absorblamasının sağlamasıdır.

5.2.2. İndiret sayım yöntemleri

Mikroorganizmaların belirli bazı hücresel özellikleri, metabolik faaliyetleri, bulanıklık gibi besiyerinde oluşturduğu değişiklikler dikkate alınarak dolaylı bir şekilde mikroorganizma sayılarının belirlenmesi ya da tahmin edilmesine yönelik yöntemlerdir. Bu yöntemlerde ilk aşamada standartlar oluşturulmakta, daha sonra alınan sonuçlar bu standartlarla karşılaştırılarak mikroorganizma sayıları belirlenmektedir.

5.2.2.1. Türbidometrik sayım yöntemi

Bu yöntemde spetrofotometre veya kolorimetreden yararlanılmaktadır. Yöntem, incelenecek olan sıvı örnekte mikroorganizma sayısı ne kadar çoksa, bu sıvının bulanıklığı da o kadar çok olacaktır prensibine dayanmaktadır.

Türbidometrik sayım yöntemlerinde, kendisi fazlaca bulanık olmayan sıvı besiyerleri tercih edilmelidir. Bir mikroorganizmanın ışınları tutma gücü,

onun büyüklüğüne, şekline ve şeffaflık derecesine bağlıdır. Bu nedenle türbidometrik yöntemlerle sayım, ancak saf bir mikroorganizma kültür örneği üzerinde gerçekleştirilebilir.

Saf bir mikroorganizma kültüründeki mikroorganizma sayısının belirlenmesi için, ilk aşamada bu mikroorganizmanın farklı derişimlerdeki süspansiyonları kullanılarak standart bir mikroorganizma konsantrasyonu-optik yoğunluk eğrisi hazırlanır. Daha sonra mikroorganizma sayısı belirlenecek örneğin optik yoğunluğu belirlenir ve standart eğride bu değere karşılık gelen mikroorganizma sayısı bulunur [19].

5.2.2.2. McFarland yöntemi

Baryum klorür ile sülfirik asit karıştırılınca meydana gelen baryum sülfat, ortamda opak renkli bir bulanıklık oluşturmaktadır. çok kompleks olmayan bir besiyerinde üretilen bakteriler de aynı renkte bir bulanıklık meydana getirmektedir. Baryum klorür ile sülfirik asit oranlarının değiştirilmesiyle farklı bulanıklıkta çözeltiler oluşmakta olup, bunlara karşılıklı gelen bakteri sayısı da, bulanıklığın artması ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Çizelge 5.1. McFarland standardı

Tüp No	%1'lik BaCl ₂ (ml)	%1'lik H ₂ SO ₄ (ml)	Bulanıklığa karşılıklı gelen bakteri sayısı (milyon/ml)
1	0,1	9,9	300
2	0,2	9,8	600
3	0,3	9,7	900
4	0,4	9,6	1200
5	0,5	9,5	1500
6	0,6	9,4	1800
7	0,7	9,3	2100
8	0,8	9,2	2400
9	0,9	9,1	2700
10	1,0	9,0	3000

Temiz deney tüpleri içine, Çizelge 5.1.'de verilen oranlarda %1'lik H₂SO₄ ve %1'lik BaCl₂'ün suda hazırlanmış çözeltilerinden katılıp iyice karıştırılır ve buharlaşmayı önlemek amacıyla tüplerin ağızları sıkı bir şekilde kapatılır. Birbirini takip eden iki tüp arasında 300x10⁶ adet bakterinin oluşturacağı kadar bulanıklık vardır. Eğer elde edilmek istene sayı bundan daha hassas sınırlar

arasında ise, bu durumda baryum klorür ve sülfirik asitin %0,1'lik çözeltileri ile daha hassas karışımlar yapılır. Örneğin, kültür süspansiyonunda bulunan sayı 4 ve 5 nolu tüpler arasında bir bulanıklık gösteriyorsa, baryum klorür miktarının 0,4-0,5 ml arasında değiştiği 10 tüplük bir seri daha hazırlanır. Bu durumda elde edilen seriye ait bakteri sayıları da Çizelge 5.2.'deki gibi değişecektir.

Çizelge 5.2. 4 ve 5 no'lu McFarland tüpleri arasındaki standartlar

%1'lik BaCl ₂ (ml)	%1'lik H ₂ SO ₄ (ml)	Bulanıklığa karşılık gelen bakteri sayısı (milyon/ml)
0,40	9,6	1200
0,41	9,59	1230
0,42	9,58	1260
0,43	9,57	1290
0,44	9,56	1320
0,45	9,55	1350
0,46	9,54	1380
0,47	9,53	1410
0,48	9,52	1440
0,49	9,51	1470
0,50	9,50	1500

Bulanıklığı veren McFarland çözeltileri ile bakteri yoğunluğunun kıyaslanmasında besiyerinden gelecek etkiyi kaldırmak amacıyla bakteri süspansiyonu santrifüj edilip 1-3 kez steril filtreden geçirilmiş fizyolojik tuzlu su (%0,85 NaCl içeren distile su) ile yıkanır ve orijinal bakteri süspansiyonu hacmine getirilerek spektrofotometrede (545 veya 650 nm) ya da çıplak göz ile kıyaslaması yapılır [19].

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Ön Çalışmalar

Ön çalışmalar, kolonda kullanılacak uygun dolgu malzemelerinin belirlenmesi için yapıldı. Kullanılacak uygun seramik malzemeler ve bu malzemelerin uygun pişme sıcaklığı ve süreleri belirlendi. Ayrıca, malzemelerin seçimi için, Escherichia coli içeren çözeltiler kullanılarak dezenfektan etkiyi belirlemek amacıyla deneyler yapıldı.

6.1.1. Antibakteriyel toz hazırlanması

Metal iyon katkılı kalsiyum fosfat tozu hazırlanmasında yaş kimyasal yöntem kullanılmıştır. Yaş kimyasal işlem sırasında önce metal iyonları saf suda tamamen çözüldü ve kalsiyum hidroksit eklenerek süspansiyon hazırlandı. Daha sonra ortofosforik asit yavaş yavaş eklenerek kimyasal reaksiyona sokuldu ve bu sırada çözelti manyetik çubuk yardımıyla karıştırıldı. Stokiyometrik hidroksiapatit yapısına yakın bir yapı oluşturmak için pH sürekli kontrol edildi. Reaksiyon sırasında oluşan çökelti fitreden geçirilip 120°C’de kurutuldu.

6.1.2. Yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesinin hazırlanması

Çalışmalar, dolgu malzemesinin gözenekli yapısının bozulmaması ve suya karşı dayanıklılığı göz önüne alınarak yapıldı. Çalışmalarda vitrifiye çamuru ve duvar karosu çamuru üzerinde vitrifiye sır ve duvar karosu sır kullanıldı. Farklı çamurlar üzerinde, farklı sırlar kullanılarak çalışmalar yapıldı. En uygun dolgu malzeme hazırlama yöntemi, vitrifiye çamuru ile kaplanmış dolgu malzemesinin 2 °C/dk. hızla 600°C’ye çıkarıldıktan sonra 30 dk. bekletilmesi ve 10°C/dk. hız ile 1130°C’ye çıkarılması ve 1 saat bekletildikten sonra soğutulması olarak belirlendi. Dolgu malzemesinin antibakteriyel hale getirilmesi için ise en uygun yöntem, malzemenin antibakteriyel toz içeren duvar karosu ile kaplandıktan sonra 10°C/dk. hızla 1200°C’ye çıkarılması ve 1 saat bekletildikten sonra soğutulması olarak belirlendi.

6.1.3. Küre şekilli dolgu malzemelerinin hazırlanması

Dolgu malzemelerinin hazırlanmasında, duvar karosu sırası ve kiremit tozu kullanıldı. Her iki malzeme için uygun pişirme şekli belirlendi. Dolgulu kolonda kullanılacak malzemenin seçiminde her iki malzemedeki farklı metal iyonları içeren antibakteriyel tozlarla dolgu malzemeleri hazırlandı. Bu malzemeler 900°C ve 1200°C’de pişirildi ve dezenfektan etkilerinin belirlenmesi için çalışmalar yapıldı. Deneysel çalışmalar Nutrient broth besiyerinde inkübasyon şartlarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1.’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. 10^4 hücre/ml başlangıç E.coli derişimine sahip çözelti ile elde edilen dolgu malzemesi deney sonuçları

Malzeme Adı	Dolgu Malzemesi Pişirme Sıcaklığı (°C)	Metal İyonu	Son Derişim (hücre/ml)	
			4 saat sonunda ($\approx 10^8$ hücre/ml)	20 saat sonunda ($>> 10^8$ hücre/ml)
Kiremit Çamuru	900	Bakır	Azaltmış	Azaltmış
		Çinko	Çoğunu azaltmış	Ölüm yok
		Gümüş	Tümünü öldürmüş	Çoğunu azaltmış
		Gümüş + Bakır	Çoğunu azaltmış	Çoğunu azaltmış
	1200	Bakır	Çoğunu azaltmış	Ölüm yok
		Çinko	Ölüm yok	Ölüm yok
		Gümüş	Ölüm yok	Ölüm yok
		Gümüş + Bakır	Ölüm yok	Ölüm yok
Duvar Karosu Sırası	900	Bakır	Çoğunu azaltmış	Azaltmış
		Çinko	Ölüm yok	Ölüm yok
		Gümüş	Çoğunu azaltmış	Azaltmış
		Gümüş + Bakır	Azaltmış	Azaltmış
	1200	Bakır	Çoğunu azaltmış	Ölüm yok
		Çinko	Ölüm yok	Ölüm yok
		Gümüş	Ölüm yok	Ölüm yok
		Gümüş + Bakır	Ölüm yok	Ölüm yok

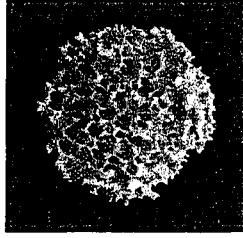
6.2. Yüzey Alanı Arttırılmış Dolgu Malzemeli Kolonda Su Dezenfeksiyonu

Çalışmalarda kullanılacak çözelti, steril edilmiş musluk suyuna (sertlik:276,5 mg/l, CaCO_3 eşdeğeri, iletkenlik: 763 $\mu\text{s/cm}$, toplam çözünmüş madde içeriği: 381,5 mg/l) farklı derişimlerde Escherichia coli eklenerek elde edilmiştir. Farklı başlangıç derişimleri, bir gün önceden hazırlanan gecelik bakteri kültüründen belli seyreltmeler yapılarak uygun miktarlarının çözeltiye eklenmesi

ile elde edilmektedir. Deneyler %5 ve %25 antibakteriyel gümüş tozu içeren duvar karosu sıırı ile kaplı dolgu malzemesi kullanılarak yapılmıştır.

%25 antibakteriyel toz içeren dolgu malzemeleri için geri döngülü ve sürekli sistemler kullanılmıştır. Sisteme çalışma çözeltisinin verilmesinde MULTIFIX marka MC 1000 PEC model peristaltik pompa kullanılmıştır.

Deneyler sırasında kullanılan reaktör 30 cm yüksekliğinde ve 2 cm çapındadır. Her bir dolgu malzemesinin yüksekliği 1cm çapı 1,8 cm'dir. Dolgu malzemesi Şekil 6.1.'de görülmektedir.



Şekil 6.1. Yüzey alanı genişletilmiş dolgu malzemesi

6.2.1. Etkin madde yüzdesinin incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

Etkin maddesi %5 olarak hazırlanan dolgu malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda bakteri ölümü gerçekleşmemiştir. Bu yüzden deneysel çalışmalar %25 etkin madde kullanılarak yapılmıştır.

6.2.2. Başlangıç bakteri derişiminin incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

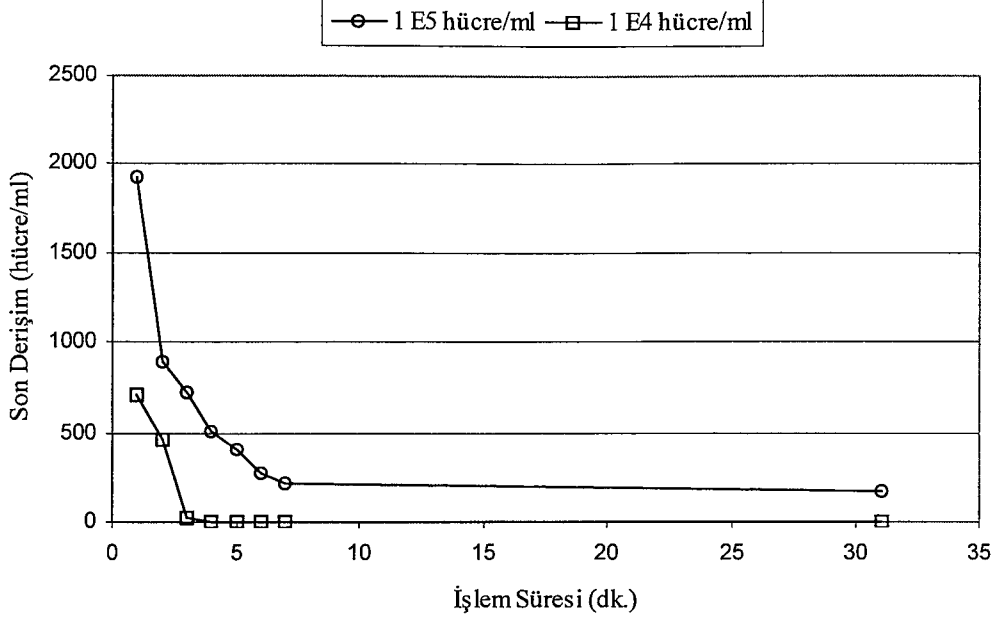
Bu çalışmada, 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde farklı başlangıç bakteri derişimlerinin (10^3 , 10^4 hücre/ml) bakteri giderimine etkisi incelenmiştir. 7 saatlik çalışma süresince birer saat arayla örnekler alınmıştır. Çalışma çözeltisi steril edilmiş musluk suyuna istenen miktarlarda bakteri kültürü eklenmesi ile hazırlanmıştır. Arıtma işlemi gerçekleştirildikten sonra 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilen çalışma çözeltisinden tekrar örnekler alınmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 6.2-3 ve Şekil 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde yüzey alanı artırılmış dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml)

İşlem Süresi (saat)	Son Derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
1	2000	1800	1975	1925	19,25
2	825	915	933	891	8,92
3	732	716	730	726	7,26
4	512	509	497	506	5,06
5	397	395	408	400	4,00
6	278	270	277	275	2,75
7	201	216	210	209	2,09
Son ölçümden 24 saat sonra	160	159	176	165	1,65

Çizelge 6.3. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde yüzey alanı artırılmış dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^3 hücre/ml)

İşlem Süresi (saat)	Son Derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
1	708	720	717	715	71,50
2	465	457	464	462	46,20
3	23	19	24	22	2,20
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
Son ölçümden 24 saat sonra	0	0	0	0	0



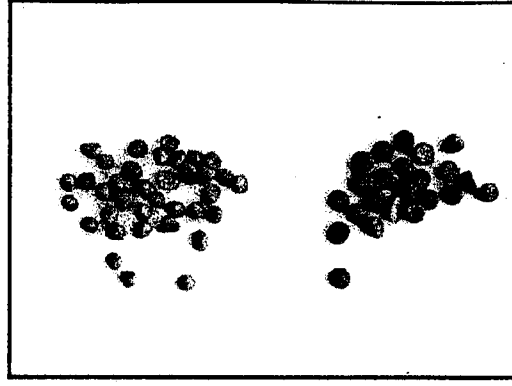
Şekil 6.2. Farklı başlangıç bakteri derişimlerinde (10^3 , 10^4 hücre/ml) bakteri gideriminin zamana karşı değişimi

6.3. Küre Şekli Malzeme Kullanılan Dolgulu Kolonda Su Dezenfeksiyonu

Deneyler sırasında %25 antibakteriyel gümüş tozu içeren kiremit malzeme kullanılmıştır. Deneyler sürekli ve 17ml/ dk., 34ml/dk. ve 74ml/dk. akış hızlarında geri döngülü ve üç ayrı bakteri derişimde farklı sıcaklıklar için (34°C , $26,5^{\circ}\text{C}$, 5°C) en az 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Çalışmalar, başlangıç çalışma çözeltisinden ve işlem boyunca belirli zaman aralıklarında çıkış suyundan örnekler alınarak yapılmıştır. Sisteme verilen çözeltinin akış hızı peristaltik pompa kullanılarak ayarlanmıştır.

Çalışma çözeltisi, sertliği 276,5 mg/l CaCO_3 eşdeğeri, iletkenliği 763 $\mu\text{s/cm}$, toplam çözünmüş madde içeriği 381,5 mg/l olan steril edilmiş musluk suyuna istenilen derişime uygun miktarlarda bakteri kültürü eklenerek hazırlanmıştır. Ayrıca çalışma çözeltisi olarak Porsuk çayından alınan su numunesi de kullanılmıştır.

3 mm ve 5 mm çaplı olmak üzere iki farklı boyutta dolgu malzemesi kullanılmıştır. Dolgu malzemeleri Şekil 6.3'de görölmektedir.



Şekil 6.3. Küre şekilli dolgu malzemesi

6.3.1. Geri döngülü sistemde yapılan deneysel çalışmalar

6.3.1.1. Başlangıç bakteri derişiminin incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

Bu çalışmada, farklı akış hızlarında (17 ml/dk. , 34 ml/dk. , 74 ml/dk.) farklı başlangıç bakteri derişimlerinin (10^4 , 10^5 , 10^6 hücre/ml) bakteri giderimine etkisi incelenmiştir.Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 6.4-9'da ve Şekil 6.4-5'da verilmiştir.

Çizelge 6.4. 17ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 3000 hücre/ml))

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	990	1550	1342	1295	43,167
20	857	884	858	866	28,867
30	510	488	517	505	16,834
45	141	195	134	156	5,200
60	74	92	94	86	2,867
75	42	14	12	20	0,667
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.5. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 3600 hücre/ml))

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.6. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	7800	8300	7900	8000	8
20	2100	2265	2098	2154	2,154
30	959	971	955	962	0,962
45	750	770	830	783	0,783
60	580	613	594	596	0,596
75	402	415	412	409	0,409
90	218	234	214	222	0,222
120	35	28	34	32	0,032
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.7. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

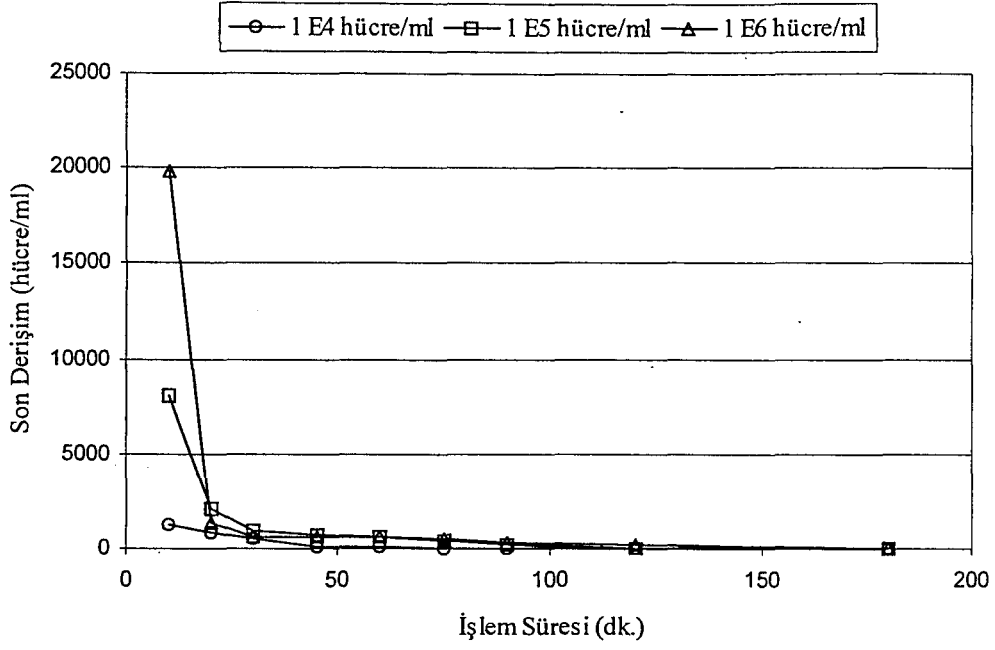
İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	242	203	150	198	0,198
20	97	106	93	99	0,099
30	20	21	26	22	0,022
45	9	8	14	10	0,010
60	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.8. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)

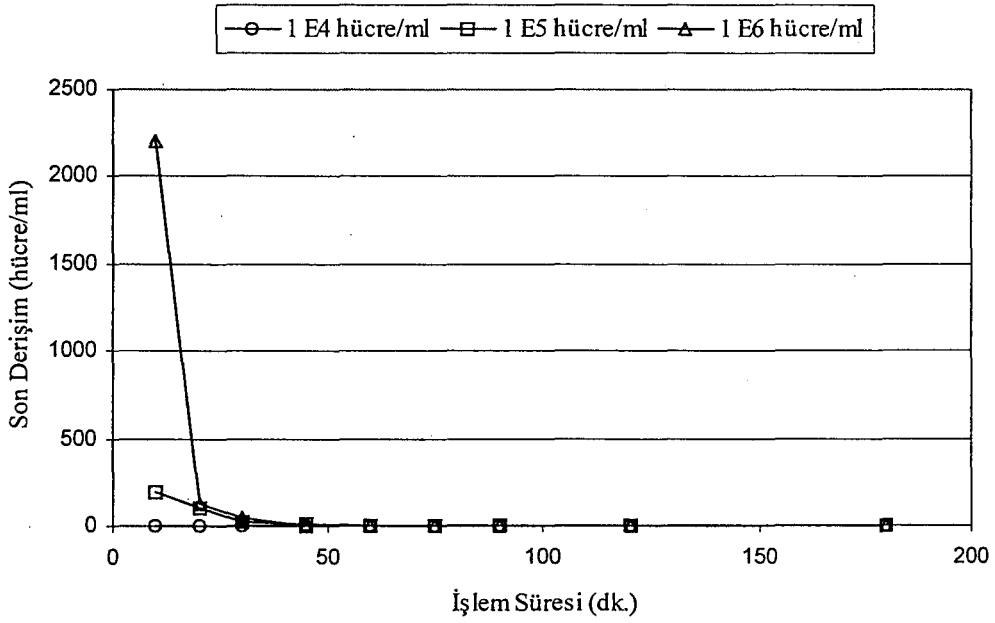
İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	19600	20500	19250	19800	1,980
20	1415	1432	1414	1420	0,142
30	590	612	615	605	0,061
45	588	600	595	594	0,059
60	577	593	580	583	0,058
75	572	575	590	580	0,058
90	325	338	328	330	0,033
120	228	213	221	220	0,022
180	20	18	22	22	0,002

Çizelge 6.9. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde küre şekilli dolgu malzemesi ile yapılan çalışmaların sonuçları (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	2370	2290	1940	2200	0,220
20	143	124	128	132	0,013
30	68	55	76	66	0,007
45	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0



Şekil 6.4. Farklı başlangıç bakteri derişimlerinde ve 17 ml/dk. akış hızlı geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi



Şekil 6.5. Farklı başlangıç bakteri derişimlerinde ve 74 ml/dk. akış hızlı geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi

6.3.1.2. Dolgulu kolon sıcaklığının incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

Bu çalışmada, E.coli kültürü ilave edilerek yaklaşık 10^4 hücre/ml bakteri derişimine getirilen Porsuk Çayı örneği ile 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde 34°C, 26,5°C ve 5°C'de sıcaklığın bakteri giderimine etkisi incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 6.10-12 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.

Çalışmalar sırasında Porsuk Çayı'ndan alınan örneğe bakteri kültürü ilavesi örnek steril edilmeden yapılmıştır. Porsuk Çayı'ndaki bakteri derişimi yaklaşık 3250 hücre/ml'dir.

Çizelge 6.10. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde ve 34°C'de kolon sıcaklığında bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 20000 hücre/ml))

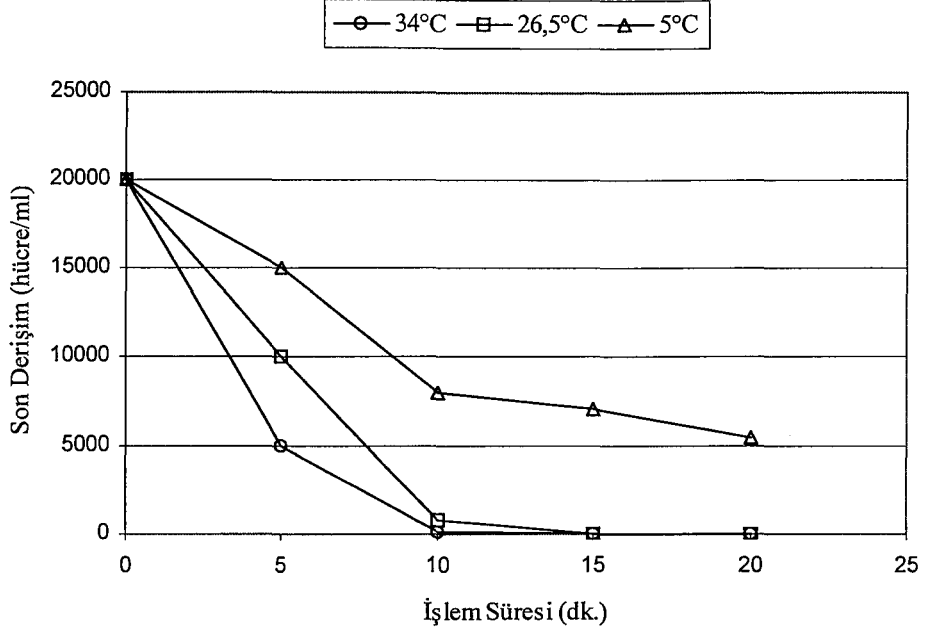
Süre (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
5	4500	5200	5300	5000	25
10	58	64	58	60	0,3
15	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0

Çizelge 6.11. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde ve 26,5°C'de kolon sıcaklığında bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 20000 hücre/ml))

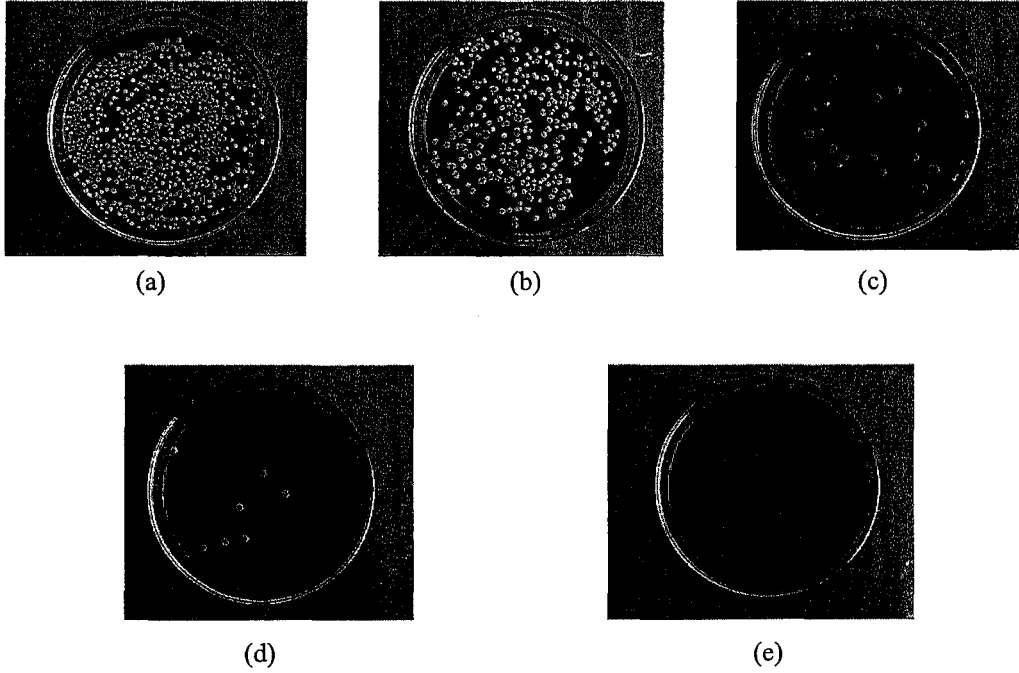
Süre (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
5	12000	10000	8000	10000	50
10	775	734	742	750	3,75
15	40	31	36	36	0,18
20	4	2	3	3	0,015

Çizelge 6.12. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde ve 5°C'de kolon sıcaklığında bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 20000 hücre/ml))

Süre (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
5	16000	15000	14000	15000	75
10	7400	8400	8200	8000	40
15	7100	7100	6800	7000	35
20	5400	5250	5550	5400	27



Şekil 6.6. Porsuk Çayı örneğinde 74 ml/dk. akış hızı ve farklı sıcaklıklarda bakteri derişiminin incelenmesi



Şekil 6.7. Porsuk Çayı örneğinde 74 ml/dk. akış hızı ve 26,5°C'de bakteri derişiminin incelenmesi için yapılan bir çalışma

- Başlangıç
- 5 dk. sonra
- 10 dk. sonra
- 15 dk. sonra
- 20 dk. sonra

6.3.1.3. Akış hızının incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

Bu çalışmada, başlangıç hücre derişimi 10^4 , 10^5 ve 10^6 hücre/ml olan çalışma çözeltilerinin akış hızları 17 ml/dk., 34 ml/dk. ve 74 ml/dk. olan geri döngülü sistemde bakteri giderimine etkisi incelenmiştir. Elde edilen deneysel veriler Çizelge 6.13-21 ve Şekil 6.7-9'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.13. 17ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 3000 hücre/ml))

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	990	1550	1342	1295	43,167
20	857	884	858	866	28,867
30	510	488	517	505	16,834
45	141	195	134	156	5,200
60	74	92	94	86	2,867
75	42	14	12	20	0,667
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.14. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 3600 hücre/ml))

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
20	373	334	353	353	9,806
40	240	211	275	242	6,722
60	61	41	30	44	1,222
80	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.15. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^4 hücre/ml (≈ 3600 hücre/ml))

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.16. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	7800	8300	7900	8000	8
20	2100	2265	2098	2154	2,154
30	959	971	955	962	0,962
45	750	770	830	783	0,783
60	580	613	594	596	0,596
75	402	415	412	409	0,409
90	218	234	214	222	0,222
120	35	28	34	32	0,032
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.17. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	3750	4140	3010	3634	3,634
20	167	184	184	176	0,176
30	118	131	131	121	0,121
45	68	72	72	73	0,073
60	40	32	32	34	0,034
75	9	11	11	12	0,012
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.18. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	242	203	150	198	0,198
20	97	106	93	99	0,099
30	20	21	26	22	0,022
45	9	8	14	10	0,010
60	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.19. 17 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)

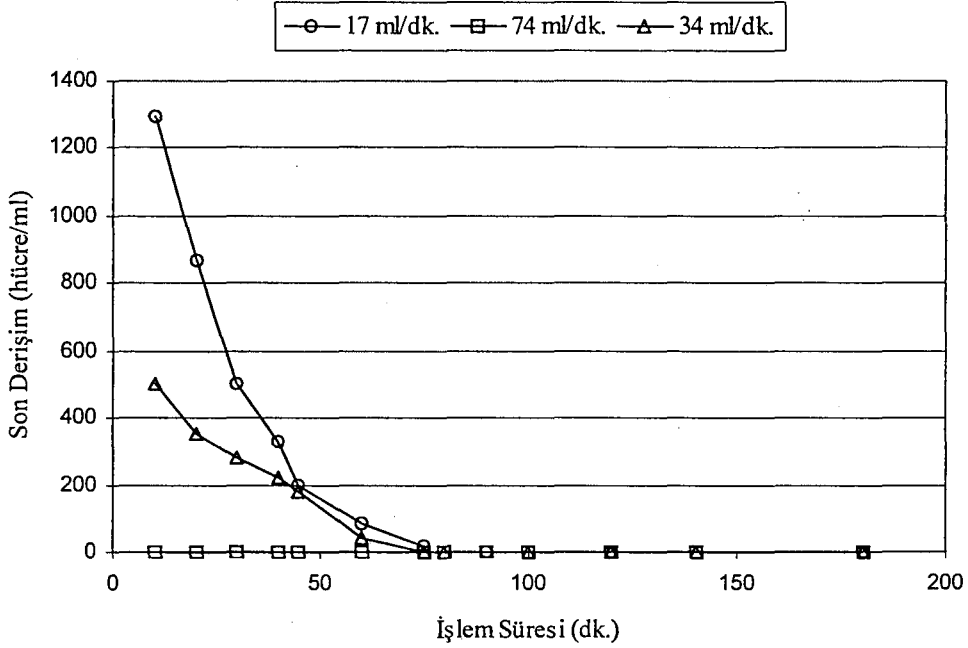
İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	19600	20500	19250	19800	1,980
20	1415	1432	1414	1420	0,142
30	590	612	615	605	0,061
45	588	600	595	594	0,059
60	577	593	580	583	0,058
75	572	575	590	580	0,058
90	325	338	328	330	0,033
120	228	213	221	220	0,022
180	20	18	22	22	0,002

Çizelge 6.20. 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)

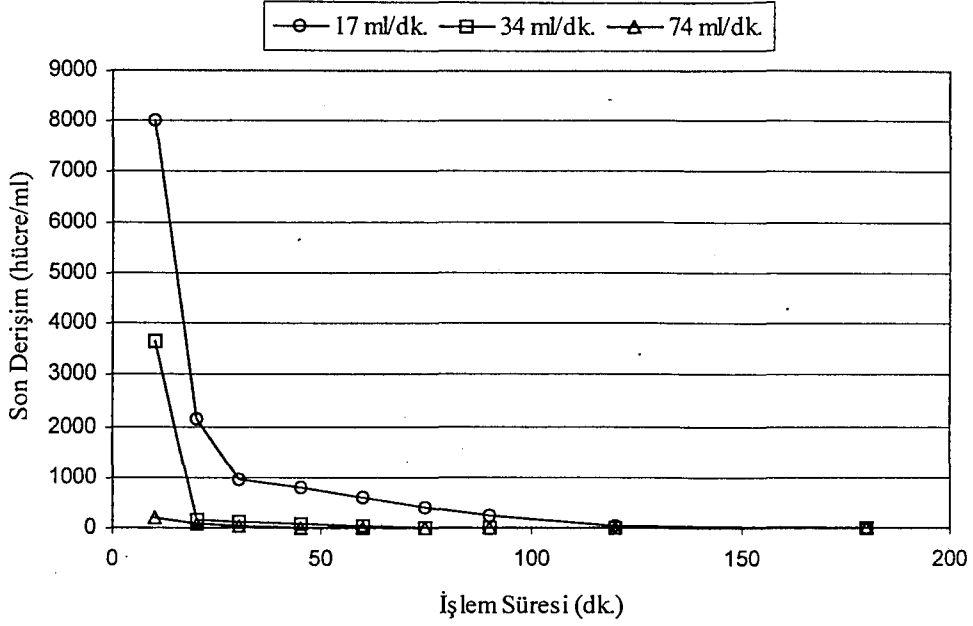
İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	4580	4630	4650	4620	0,4620
20	254	275	264	264	0,0264
30	174	192	195	187	0,0187
45	84	74	74	77	0,0077
60	68	71	60	66	0,0066
75	33	37	30	33	0,0033
90	10	11	13	11	0,0011
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0

Çizelge 6.21. 74 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde bakteri derişiminin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^6 hücre/ml)

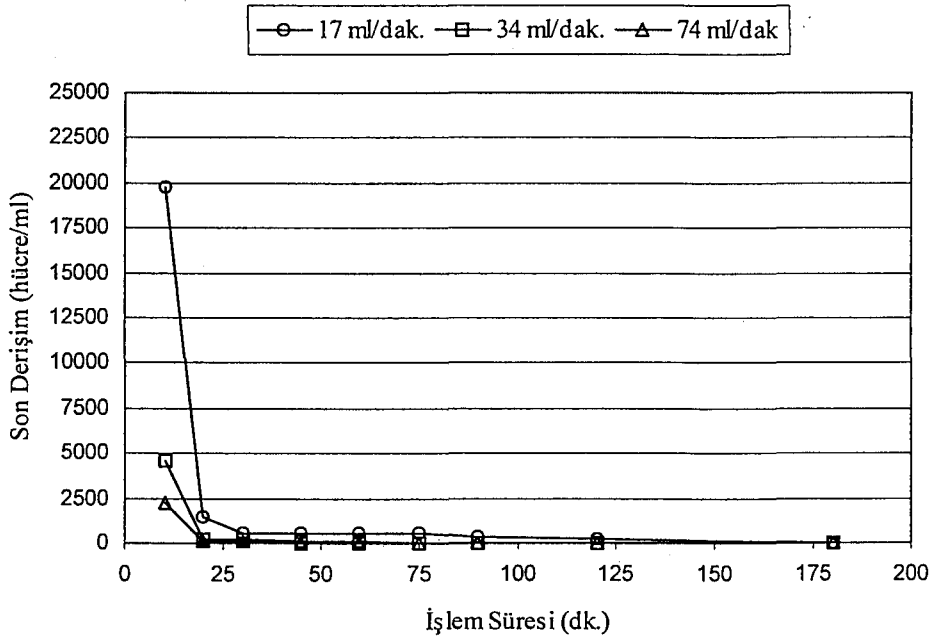
İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)				Hayatta Kalma Oranı (%)
	Çalışma	1.Tekrar	2.Tekrar	Ortalama	
10	2370	2290	1940	2200	0,220
20	143	124	128	132	0,013
30	68	55	76	66	0,007
45	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0	0	0



Şekil 6.8. 10^4 hücre/ml başlangıç derişiminde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi



Şekil 6.9. 10^5 hücre/ml başlangıç derişiminde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi



Şekil 6.10. 10^6 hücre/ml başlangıç derişiminde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi

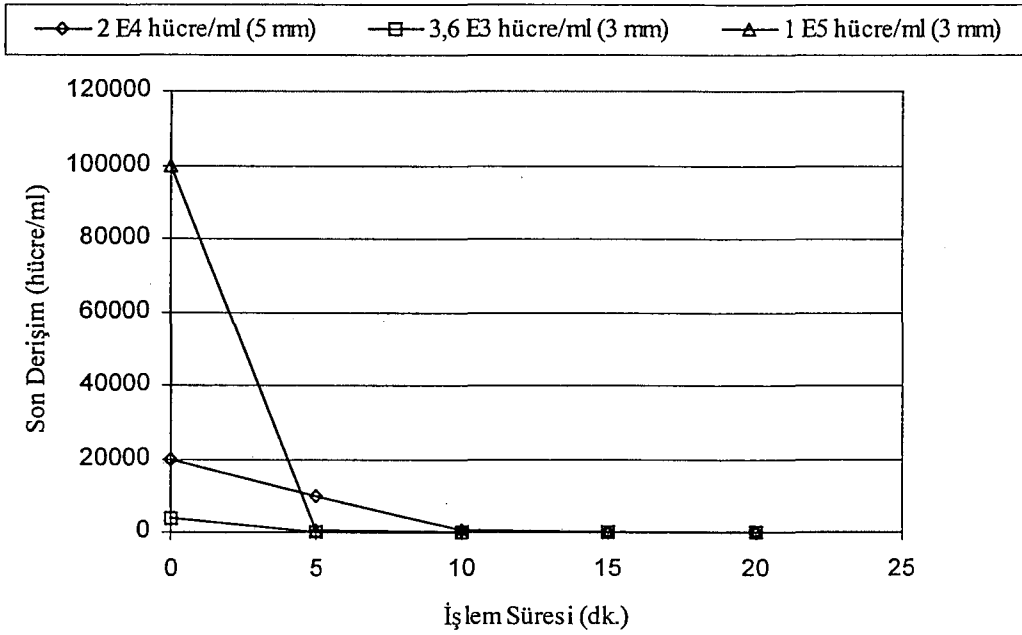
6.3.1.4. Dolgu maddesi boyutunun incelendiği deneysel çalışmaları sonuçları

Bu çalışmada, başlangıç bakteri derişimi yaklaşık 3600 hücre/ml ve 10^5 hücre/ml olacak şekilde steril edilmiş musluk suyu ile hazırlanan çalışma çözeltisi kullanılarak 3 mm çaplı dolgu malzemeli kolonda giderim deneyleri yapılmıştır.

Ayrıca başlangıç bakteri derişimi yaklaşık 20000 hücre/ml olacak şekilde hazırlanan porsuk çayı örneği ile 5 mm çaplı dolgu malzemeli kolon ile çalışılmıştır. Çalışmalar 74 ml/dk akış hızında geri döngülü sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel veriler Çizelge 6.22. ve Şekil 6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.22. Akış hızı 74 ml/dk. olan geri döngülü sistemde farklı dolgu maddesi boyutları kullanılarak derişimin zamanla değişimi

İşlem Süresi (dk.)	20000 hücre/ml (5mm)	3600 hücre/ml (3mm)	100000 hücre/ml (3mm)
0	20000	3600	100000
5	10000	0	430
10	750	0	198
15	36	0	166
20	3	0	132



Şekil 6.11. Akış hızı 74 ml/dk. olan geri döngülü sistemde farklı dolgu maddesi boyutları kullanılarak derişimin zamanla değişiminin incelenmesi

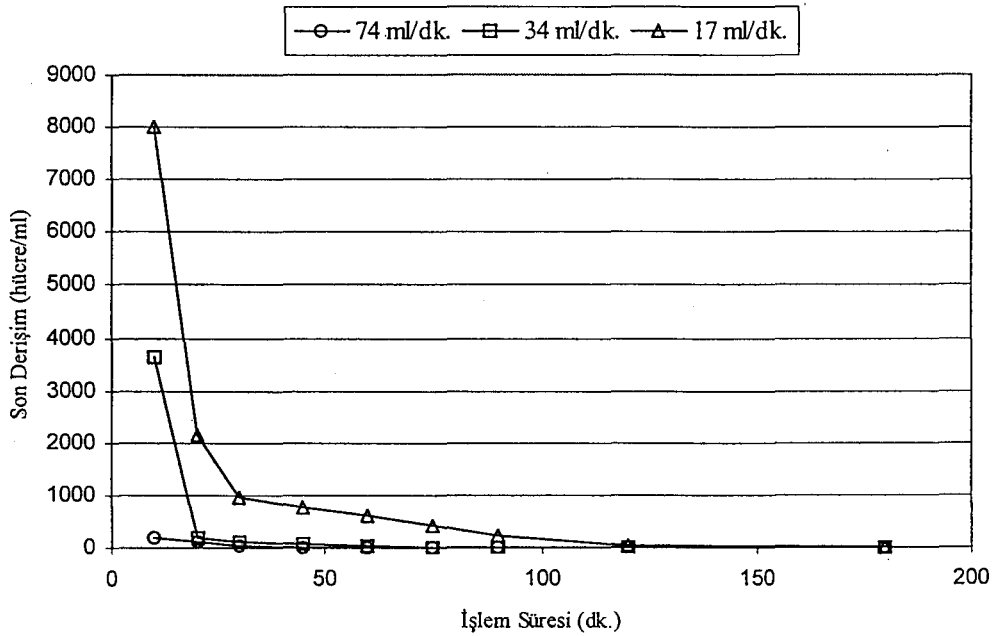
6.3.1.5. İşlem süresinin incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

Bu çalışmada başlangıç bakteri değişimi 10^5 hücre/ml olan çalışma çözültisi ile geri döngülü sistemde farklı akış hızlarında işlem süresinin bakteri

derişimine etkisi incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 6.23. ve Şekil 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6.23. Geri döngülü sistemde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişimi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Son derişim (hücre/ml.)		
	74 ml/dk.	34 ml/dk.	17 ml/dk.
10	198	3634	8000
20	99	176	2154
30	22	121	962
45	10	73	783
60	0	34	596
75	0	12	409
90	0	0	222
120	0	0	32
180	0	0	0
Son ölçümden 1440 dk. sonra	0	0	0



Şekil 6.12. Geri döngülü sistemde farklı akış hızlarında derişimin zamanla değişiminin incelenmesi (Başlangıç bakteri derişimi 10^5 hücre/ml)

6.3.2. Sürekli geçişli sistemde yapılan çalışmalar

6.3.2.1. Dolgulu kolon sıcaklığının incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları

Bu çalışmada, yaklaşık 10^4 hücre/ml başlangıç bakteri derişimine getirilmiş steril musluk suyunda 5, 10 ve 20 dakikalık sürekli geçişli sistemde farklı sıcaklıkların (34°C , $26,5^{\circ}\text{C}$ ve 5°C) bakteri giderimine etkisi incelenmiştir. Ayrıca başlangıç bakteri değişimi 3250 hücre/ml olan Porsuk Çayı numunesi 10 dakikalık sürekli geçişli sistemde farklı sıcaklıklarda incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 6.24-27 ve Şekil 6.12’de verilmiştir.

Çizelge 6.24. Kolon sıcaklığı 34°C olan sürekli geçişli sistemde bakteri derişiminin incelenmesi (Başlangıç bakteri derişimi 1×10^4 hücre/ml)

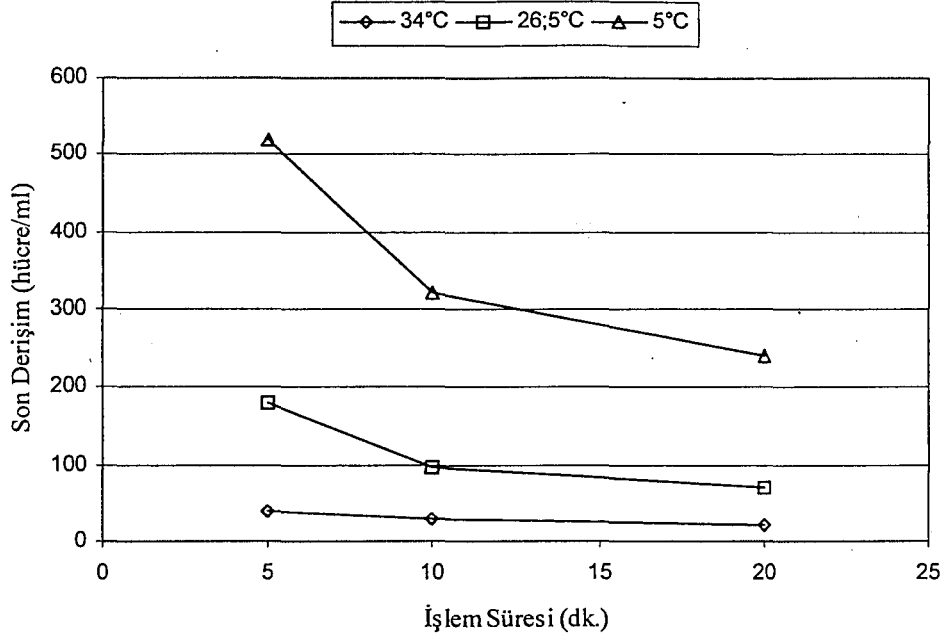
İşlem Süresi (dk.)	Çalışma	1. Tekrar	2. Tekrar	Ortalama	Hayatta Kalma Oranı (%)
5	42	38	40	40	0,4
10	33	27	39	30	0,3
20	20	17	23	20	0,2

Çizelge 6.25. Kolon sıcaklığı $26,5^{\circ}\text{C}$ olan sürekli geçişli sistemde bakteri derişiminin incelenmesi (Başlangıç bakteri derişimi 1×10^4 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Çalışma	1. Tekrar	2. Tekrar	Ortalama	Hayatta Kalma Oranı (%)
5	182	176	182	180	1,80
10	95	89	104	96	0,96
20	65	72	73	70	0,70

Çizelge 6.26. Kolon sıcaklığı 5°C olan sürekli geçişli sistemde bakteri derişiminin incelenmesi (Başlangıç bakteri derişimi 1×10^4 hücre/ml)

İşlem Süresi (dk.)	Çalışma	1. Tekrar	2. Tekrar	Ortalama	Hayatta Kalma Oranı (%)
5	514	510	536	520	5,2
10	327	321	312	320	3,2
20	249	239	232	240	2,4



Şekil 6.13. Sürekli geçişli sistemde farklı akış hızlarında farklı sıcaklıklara göre bakteri derişiminin değişimi (Başlangıç bakteri derişiminde 104 hücre/ml)

Çizelge 6.27. Sürekli geçişli sistemde başlangıç bakteri derişimi yaklaşık 3250 hücre/ml olan Porsuk Çayı suyu ile farklı sıcaklıklara göre bakteri derişiminin değişimi

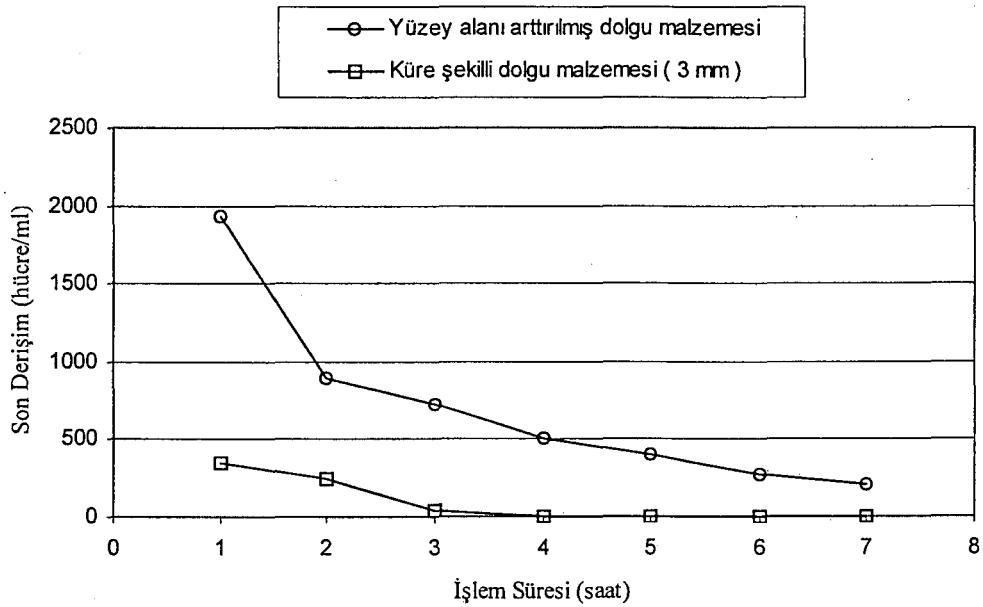
Kolon Sıcaklığı (°C)	Son derişim (hücre/ml)				Hayatta kalma oranı (%)
	Çalışma	1. Tekrar	2. Tekrar	Ortalama	
34	100	160	100	120	3,6
26,5	630	570	150	450	13,8
5	700	650	630	660	20,3

6.4. Dolgu Maddesi Türünün İncelendiği Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada, 34 ml/dk akış hızında yaklaşık 10^4 hücre/ml başlangıç bakteri derişiminde yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesi ve 3 mm çaplı küre şekilli dolgu malzemesi kullanılarak, dolgu malzemesi türünün bakteri giderimine etkisi incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 6.28 ve Şekil 6.13'de verilmiştir.

Çizelge 6.28. 104 hücre/ml başlangıç derişiminde 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde farklı dolgu malzemeleri kullanılarak bakteri derişiminin zamanla değişiminin incelenmesi

İşlem süresi (saat)	Son derişim (hücre/ml)	
	Yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesi	Küre şekilli dolgu malzemesi (3 mm)
1	1925	353
2	891	242
3	726	44
4	506	0
5	400	0
6	275	0
7	209	0



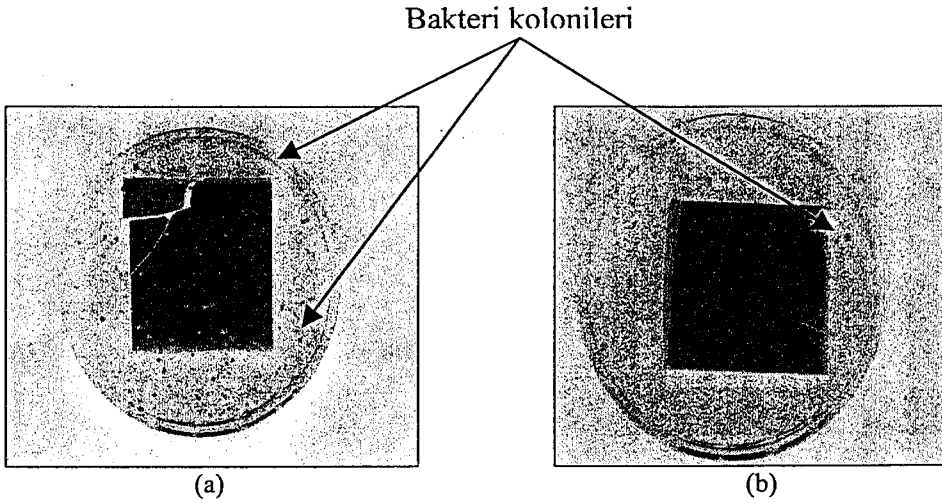
Şekil 6.14. 10⁴ hücre/ml başlangıç derişiminde 34 ml/dk. akış hızında geri döngülü sistemde farklı dolgu malzemeleri kullanılarak bakteri derişiminin zamanla değişimi

6.5. Metal İyonları Kullanılarak Hazırlanan Antibakteriyel Malzeme Uygulamaları

Bu çalışmalar, antibakteriyel etkiye sahip metal iyonlarının ile su arıtımı dışında başka amaçlar için kullanımını içermektedir.

6.5.1. Antibakteriyel seramik uygulamaları

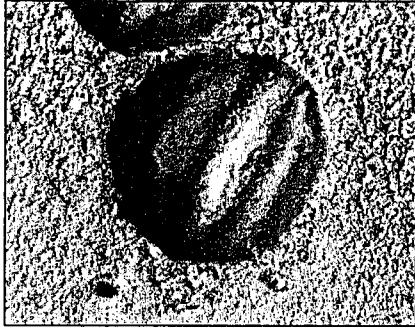
Bu çalışmada, metal katyon katkılı kalsiyum fosfat temelli antibakteriyel seramikler yaş kimyasal yöntemle üretilmiştir. Antibakteriyel toz, karo ve vitrifiye ürünlerde kullanılmak üzere %1 ila %5 oranlarında sır bileşimine katıldı. Daha sonra kaplanan karolar 1150°C’de pişirildi. Yüzeyde oluşan antibakteriyel etkiyi belirlemek amacıyla oksijenli solunum yapan *Escherichia coli* bakterileri kullanıldı. Besiyeri, petri kutusundaki karolar üzerinde film oluşturacak ve kenarları tamamen dolduracak şekilde döküldü. Hazırlanan bakteri dilüsyonlarından alınan örnekler petri kutularına koyulup besiyeri üzerine dragalski spatülü ile dağıtıldı. 24 ve 48 saat sonunda çoğalma davranışları kontrol edildi. Antibakteriyel toz içermeyen sır kaplamalarında 24 saat sonunda yoğun miktarda bakteri üremesi gözlemlenirken, metal katyonlu toz içeren kaplamalarda herhangi bir bakteri üremesine rastlanmamıştır. Numuneler için inkübasyon süresi sonunda yapılan gözlemler Şekil 6.14’de görülmektedir. Yüzeyde oluşan birkaç koloninin ise büyütülerek yapılan optik mikroskop çekimleri sonunda çeperlerinin parçalandığı Şekil 6.16’de görülmektedir [9].



Şekil 6.15. Antibakteriyel seramik uygulamaları

a. Şahit seramik numunelerinde 24 saat sonunda bakteri gözlemi

b. Antibakteriyel seramik numunelerinde 24 saat sonunda bakteri gözlemi



(a)



(b)

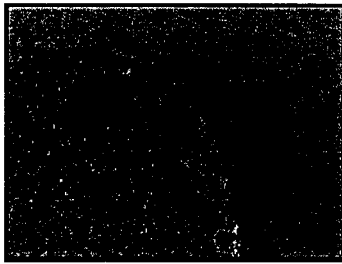
Şekil 6.16. Antibakteriyel malzemelerin bakteri kolonilerine etkisi

a. Şahit numune yüzeyinde gözlemlenen bakteri kolonileri

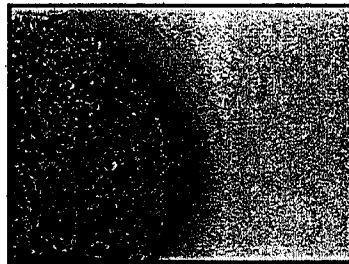
b. Antibakteriyel malzeme kaplı yüzeyde gözlemlenen çeperleri zarar görmüş koloniler

6.5.2. Antibakteriyel polimer uygulamaları

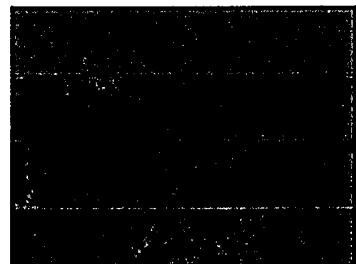
Metal iyonlarının antibakteriyel etkisinin polimer malzemeler üzerinde incelenmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. 0,8 cm yüksekliğinde ve 2,5 cm çapında polimer malzeme üzerine gümüş, bakır, gümüş + bakır ve çinko iyonları içeren antibakteriyel toz 170°C sıcaklıkta hapsedilmiştir. Polimer malzemenin üzeri film tabakası şeklinde ve kenarları tamamen besiyeri ile kaplandıktan sonra petrilere ekim yapılmıştır. Çinko hariç diğer malzemenin hiçbirinin üzerinde bakteri üremesine rastlanmamıştır. Deney sonuçları Şekil 6.17’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6.17. Antibakteriyel polimer uygulamaları

a. Bakır iyonu ile antibakteriel hale getirilmiş polimer malzeme

b. Gümüş iyonu ile antibakteriel hale getirilmiş polimer malzeme

c. Bakır + Gümüş iyonları ile antibakteriel hale getirilmiş polimer malzeme

6.6. Kullanılan Malzemeler ve Yardımcı Araçlar

Gecelik bakteri kültürü hazırlamak için Nutrient broth ve seyreltmeleri yapmak için serum fizyolojik çözeltileri kullanılmıştır. Başlangıçta ve belirli aralıklarla alınan örneklerdeki canlı bakteri sayısını belirlemek için Nutrient agar ve EBM agar kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan tüm malzemeler Nüve marka otoklavda (121°C sıcaklıkta, 20 dakika boyunca) steril edilmiştir. İnkübasyon işlemi için gerekli sıcaklığın sağlanmasında Nüve marka inkübatör kullanılmıştır. Çalışma çözeltileri MULTIFIX marka MC 1000 PEC model peristaltik pompa ile reaktöre verilmiştir. Dolgulu kolon sıcaklığı PoliScience marka banyo ile sağlanmıştır.

6.7. Deney Sonuçlarının Hesaplanmasında Kullanılan Eşitlik

$$\text{Hayatta Kalma Oranı} = \frac{\text{Arıtmadan sonra canlı hücre sayısı}}{\text{Arıtmadan önce canlı hücre sayısı}} \times 100 \quad (4.23)$$

7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

7.1. Küre Şekilli Dolgu Malzemesinin Seçimi İçin Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Tartışılması

Başlangıç derişimi yaklaşık 10^4 hücre hücre/ml olan bakterileri Nutrient broth besiyerinde inkübasyon şartlarında yetişmesine küre şekilli dolgu malzemesinin etkisi incelenmiştir. Dolgu malzemesinin seçimi, kullanılan dolgu malzemesi türü, dolgu malzemelerinin pişirilme sıcaklığı ve kullanılan etkin madde türü dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1.'de verilmiştir. Bu çalışmada, gümüş iyonunun 900°C 'de iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. 1200°C 'de gümüşün etkinliğini kaybetmesinin nedeni bu sıcaklığın gümüşün ergime noktasının üzerinde olmasıdır. Bakır 900°C ve 1200°C 'de gümüş kadar olmamakla birlikte etkili olabilmektedir. Bakırın 1200°C 'de etkin olabilmesinin nedeni bakırın ergime noktasından kaynaklanmaktadır. Çinko her iki sıcaklıkta da iyi sonuçlar vermemektedir. Yüksek sıcaklıkta pişmesi gereken dolgu maddesi kullanılmasının zorunlu olduğu durumlarda gümüş ve bakırın karıştırılarak kullanılmasının uygun olabileceği görülmektedir. Dolgu maddesi türünün ise bakteri gideriminde pek etkisi olmadığı görülmüştür.

7.2. Küre Şekilli Dolgu Malzemesinin Kullanıldığı Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Tartışılması

7.2.1. Akış hızının etkisi

Yüksek akış hızlarında elde edilen yüksek türbülanslar antibakteriyel yüzeye etkin temas sağlamakla birlikte çalışma çözeltisinin (musluk suyu) içerdiği safsızlıkların antibakteriyel yüzey ile bakterilerin temasını engellemesini önlediğinden akış hızının artmasıyla geri döngülü sistemlerde daha iyi sonuçların elde edilebileceği düşünülmüştür. Akış hızının etkisinin incelendiği çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre de akış hızının artmasıyla bakteri gideriminin arttığı Çizelge 6.13-21 ve Şekil 6.7-9'da görülmektedir.

7.2.2. Dolgu maddesi boyutunun etkisi

Aynı hacimde göreceli olarak küçük çaptaki parçacıklar daha fazla yüzey alanı sağlamaktadır. Yüzey alanının artmasıyla antibakteriyel etkinin artması beklenen sonuçtur. Dolgu maddesi boyutunun incelendiği çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 6.22. ve Şekil 6.10'da verilmiştir. Burada da dolgu maddesinin boyutunun azalmasıyla bakteri gideriminin arttığı görülmektedir.

7.2.3. Kolon sıcaklığının etkisi

Antibakteriyel etkin maddenin yüksek sıcaklıklarda düşük sıcaklıklara göre çözünme eğiliminin daha yüksek olması ve göreceli olarak artan sıcaklıkla hacminde artarak birim yüzeye isabet eden bakteri derişimini de göreceli olarak düşürmesiyle sıcaklığın antibakteriyel etki üzerine olumlu etkilerinin olduğu düşünülebilir. Sıcaklığın artmasının elektriksel alanın etkinliğini arttırdığı da düşünülmektedir. Bu durum, kolon sıcaklığının incelendiği deneysel çalışmalarla da desteklenmektedir (Çizelge 6.10-12 ve Şekil 6.6).

7.2.4. Bakteri derişiminin etkisi

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4-9'da ve Şekil 6.4-5'de verilmiştir. Bu çalışmalardan başlangıç bakteri derişimi azaldıkça bakteri gideriminin arttığı görülmektedir. Bakteri başlangıç derişiminin azalmasıyla birim antibakteriyel yüzey ile temas eden bakteri derişimi de azalacağından giderimin artması beklenen sonuçtur.

7.2.5. İşlem süresinin etkisi

Dezenfeksiyon işlemlerinde en önemli değişkenlerden birinin de işlem süresi olduğu bilinmektedir. Etkin antibakteriyel yüzey ile temas süresi ne kadar fazla ise o kadar fazla bakteri giderimi gerçekleşir. Yapılan deneysel çalışmalarda da işlem süresinin artmasıyla bakteri gideriminin arttığı görülebilir (Çizelge 6.23. ve Şekil 6.11).

7.3. Yüzey Alanı Genişletilmiş Dolgu Malzemesinin Kullanıldığı Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Tartışılması

Başlangıç bakteri derişiminin azalmasıyla birim etkin antibakteriyel yüzeye düşen bakteri derişimi azalacağından bakteri giderimini artması beklenmektedir. Yapılan deneysel çalışmalardan, başlangıç bakteri derişimi azaldıkça bakteri gideriminin arttığı görülmektedir (Çizelge 6.2-3 ve Şekil 6.2).

İşlem süresinin etkisinin incelenmesi yapılan çalışmalar Çizelge 6.2-3 ve Şekil 6.2 verilmiştir. İşlem süresi arttıkça bakteri gideriminin arttığı çalışmalardan görülmektedir. İşlem süresi arttıkça bakterilerin etkin yüzeye temas süresi de artacağından bu beklenen bir sonuçtur.

7.4. Dolgu Malzemesi Türünü Etkisi

Yüzey alanı arttırılmış malzemede 25 gram dolgu malzemesi kullanılmış ve 1200°C gibi antibakteriyel malzemenin hazırlanmasında önermediğimiz pişirme sıcaklığının dolgu malzemesi yapımında kullanılmış olmasına rağmen bundan 4 kat fazla kütlenin kulanıldığı küre şekilli dolgu malzemeli sisteme göre yakın giderim değerleri elde edilmiştir. Bu, yüzey alanı arttırılmış dolgu malzemesinin küre şekilli dolgu malzemesine göre çok daha fazla antibakteriyel yüzeye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, deneysel çalışmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Çizelge 6.28 ve Şekil 6.13).

8. ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar, metal iyonlarının etkin madde olarak kullanıldığı dezenfeksiyon işleminin etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Daha sonraki çalışmalarda, farklı bakteri türleri kullanılarak, pilot ölçekli çalışmalarla laboratuvar ölçekli sonuçları teyit ederek ve hibrit sistemlerle (geleneksel ve ileri arıtım yöntemleriyle birleştirilmiş prosesler) çalışma yapılarak, etkinlik ,maliyet ve kullanım alanı açısından çalışılabilirliği incelenebilir. Ayrıca sistemin sıcaklık etki mekanizması incelenebilir ve verim artırma yoluna gidilebilir.

KAYNAKLAR

1. KARPUZCU, M. ve BAYAR, S., *Türkiye'deki Çevre Kirlenmesinin Genel Boyutu*, Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III, Cilt I, (Ed: KARPUZCU, M., ŞENLİER, N. ve KINLI, H.), Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 1-8 (1999).
2. USLU, O. ve TÜRKMAN, A., *Su Kirliliği ve Kontrolü*, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi-1, Ankara (1998).
3. GÜL, Ş., *Atık Suların Dezenfeksiyonu*, Atıksu Arıtma Sistemleri, Uygulamaları ve İşletilmeleri Bildiriler Kitabı, (Ed: KARIŞLI, H.) Makine Mühendisleri Odası, Adana, 73-91 (1994).
4. *Türkiye'nin Çevre Sorunları*, 99, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara (1998).
5. Resmi Gazete, *Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği*, Sayı:19919 (1988).
6. BİLGEHAN, H., *Klinik Mikrobiyoloji*, Barış Yayınları, İzmir (1993).
7. TÜRKMAN, A., ASLAN, Ş. ve ÖZER, A., *İçme Suyu Kaynağı Kirlenmesine Bir Örnek*, Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III, Cilt II, (Ed: KARPUZCU, M., ŞENLİER, N. ve KINLI, H.) Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 936-945 (1999).
8. GAUCKLER, L.J., *Processing and Properties of Advanced Structural Ceramics*, *High-Tech Ceramics: Viewpoints and Perspectives* (Ed: KOSTORZ., G.) Academic Press Limited, 61 (1989).
9. KOPARAL, A.S., DOĞAN, A., ÜZGÜR, E. ve BAYRAKÇI, F., *Metal İyonu Katkılı Antibakteriyel Seramikler*, V. Seramik Kongresi, Türk Seramik Derneği, İstanbul, 212-217 (2001)
10. ÖĞÜTVEREN, Ü., *İleri Arıtım Teknikleri II*, Yayınlanmamış Ders Notları (2001).
11. ŞENGÜL, B., ve ŞENGÜL, Ü., *İçme ve Kullanma Suları Klorlama Teknikleri*, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, (Ed: ATLI, V. ve BELENLİ, İ.), Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kayseri, 132-138 (1998).
12. METCALF ve EDDY Inc., *Wastewater Engineering*, McGraw Hill, New York, USA (1981).
13. ŞENGÜL, F. ve MÜEZZİNOĞLU, A., *Çevre Kimyası*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir (1993).
14. Reynolds, T.D., *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, (Ed: Reynolds, T.D., Richards, P.A., PWS Pub.Co., Boston (1996).

15. TOKMAK, B., ÇAPAR, G., DİLEK, F.B. ve YETİŞ, Ü., *Ankara İçme Suyunda Trihalometanlar*, 1.Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, (Ed: ÇAPAR, G., GİRGİN, S., TOKÇAER, E., TOKMAK, B., ve YÜNCÜ, B.), ODTÜ Basım, 101-108 (2000).
16. SAMSUNLU, A., *Çevre Mühendisliği Kimyası*, SAM-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayını, İstanbul (1999).
17. TÜZEL, O., *Elektrokimyasal Su Dezenfeksiyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir (2002).
18. ÖNER, M., *Genel Mikrobiyoloji*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, İzmir (1986).
19. TEMİZ, A., *Genel Mikrobiyoloji Teknikleri*, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara (1996).
20. GÜRGÜN, V. ve HALKMAN, A., *Mikrobiyolojik Sayım Yöntemleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara (1990).