

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

**SODYUMKLORİT VE STABİLİZE KLORDİOKSİTİN SU
İŞLETMELERİNDE DEZENFEKTAN OLARAK
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet BOLAT

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA
Enstitü Bilim Dalı : ANORGANİK KİMYA
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Salih Zeki YILDIZ

Haziran 2013

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SODYUMKLORİT VE STABİLİZE KLORDİOKSİTİN
SU İŞLETMELERİNDE DEZENFEKTAN OLARAK
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

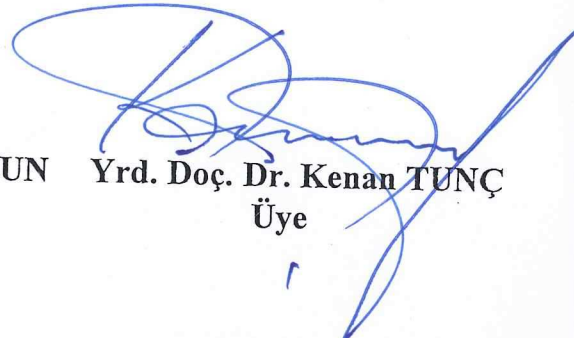
Mehmet BOLAT

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA
Enstitü Bilim Dalı : ANORGANİK KİMYA

Bu tez 05 / 06 /2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Salih Zeki YILDIZ
Jüri Başkanı


Doç. Dr. Uğursoy OLGUN
Üye


Yrd. Doç. Dr. Kenan TUNÇ
Üye

TEŞEKKÜR

Çalışmamı titizlikle yöneten, beni çalışmaya teşvik eden, tezin hazırlanmasında hiçbir yardımını esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden yararlandığım saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Salih Zeki YILDIZ' a sonsuz teşekkür ederiz.

Mikrobiyoloji çalışmalarımızda bizden yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Uğursoy OLGUN ile Yrd. Doç. Dr. Kenan TUNÇ' a ve değerli doktora öğrencisi Ayşegül HOŐ' a teşekkürü bir borç biliriz.

Bu çalışmada maddi manevi desteklerini esirgemeyen, halan çalışmakta olduğum AKDAMLAM SU DAĞ. PAZ: LTD. ŞTİ. (REŐADIYE KAYNAK SUYU)' ye desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi yardımlarını bizden esirgemeyen sevgili ailelerimize ve tezimizi hazırlama sürecinde emeği geçen kimya bölümündeki arkadaşlarımıza en içten Őükranlarımızı sunarız.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Sodyum Klorit.....	2
2.2.1. Sodyum kloritin fiziksel özellikleri.....	4
2.2. Klordioksit.....	5
2.2.1. Klordioksitin fiziksel özellikleri	6
2.3. Klordioksitin Kullanımı.....	7
2.4. Dezenfeksiyonda Sodyum Kloritin ve Klordioksitin Kullanımı.....	8
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. Kullanılan Materyal ve Ekipmanlar.....	13
3.2. Bakteriler.....	13
3.2.1. Escherichia coli bakterisi.....	13
3.2.2. Enterokok bakterisi.....	15

3.3. Metot.....	17
3.3.1. Stabilize klordioksit ve yıkama çözeltisinin hazırlanması.....	17
3.3.2. Pet kapların bakterilerle kontaminasyonu.....	17
3.3.3. Klordioksit miktarının belirlenmesi.....	18
3.3.4. Pet kapların dezenfeksiyonu.....	19
3.3.5. Membran filtrasyon yöntemiyle sayım.....	19
3.4. Yapılan çalışmalar.....	20
3.4.1. <i>E.coli</i> bakterisinin klordioksitle dezenfeksiyonu.....	20
3.4.1.1. 150 ml su ile 10 saniye yıkama.....	20
3.4.1.2. 150 ml 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	21
3.4.1.3. 150 ml 1 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	21
3.4.1.4. 150 ml 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	21
3.4.1.5. 150 ml 0,3 mg/L klordioksit ile 20 saniye yıkama.....	22
3.4.1.6. 250 ml 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	22
3.4.2. <i>Enterococcus faecalis</i> dezenfeksiyonu.....	22
3.4.2.1. 150 ml su le 10 saniye yıkama.....	23
3.4.2.2. 150 ml 0,5 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	23
3.4.2.3. 150 ml 1 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	24
3.4.2.4. 150 ml 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	24
3.4.2.5. 250 ml 0,5 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama.....	24
3.4.2.6. 150 ml 0,5 mg/L klordioksit ile 20 saniye yıkama.....	25

BÖLÜM 4.

DENEYSEL BULGULAR.....	26
4.1. <i>E.coli</i> 'nin klordioksitle dezenfeksiyon sonuçları.....	26
4.1.1. 150 ml su le 10 saniye yıkama sonuçları.....	26
4.1.2. 150 ml 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları	28
4.1.3. 150 ml 1 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları	29
4.1.4. 150 ml 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçlar	31
4.1.5. 150 ml 0,3 mg/L klordioksit ile 20 saniye yıkama sonuçları	32
4.1.6. 250 ml 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları	34
4.2. Enterokok dezenfeksiyonu.....	35
4.2.1. 150 ml su le 10 saniye yıkama sonuçları.....	35

4.2.2. 150 ml 0,5 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları..	37
4.2.3. 150 ml 1 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları.....	38
4.2.4. 150 ml 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları.....	40
4.2.5. 150 ml 0,5 mg/L klordioksit ile 20 saniye yıkama sonuçları..	41
4.2.6. 250 ml 0,5 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkama sonuçları	43
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	58
EKLER.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Sn	: Saniye
Aq	: Sulu çözelti
C	: Konsantrasyon
Gr	: Gram
Kcal	: Kilokalori
Kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molarite
m	: Kütle
mg	: Miligram
mL	: Mili litre
N	: Normalite
pH	: Çözeltideki hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritması
ppm	: Milyonda bir
%	: Yüzde
cfu	: Bakteri kolonisi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Bir <i>Escherichia coli</i> bakterisinin elektron mikroskopunda görüntüsü	15
Şekil 2.1. Bir <i>Enterekok</i> bakterisi.....	16
Şekil 4.1. 150 mL Su ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	27
Şekil 4.2. Pet kapların 150 mL su ile 10 saniye yıkama grafiği.....	27
Şekil 4.3. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	28
Şekil 4.4. Pet kapların 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	29
Şekil 4.5. 150 mL 1 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	30
Şekil 4.6. Pet kapların 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	30
Şekil 4.7. 150 mL 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	31
Şekil 4.8. Pet kapların 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	32
Şekil 4.9. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 20 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	33
Şekil 4.10. Pet kapların 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 20 saniye yıkama grafiği.....	33
Şekil 4.11. 250 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	34
Şekil 4.12. Pet kapların 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	35
Şekil 4.13. 150 mL Su ile 10 saniye yıkamanın	

başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	36
Şekil 4.14. Pet kapların 150 mL Su ile 10 saniye yıkama grafiği.....	36
Şekil 4.15. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	37
Şekil 4.16. Pet kapların 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	38
Şekil 4.17. 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	39
Şekil 4.18. Pet kapların 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	39
Şekil 4.19. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	40
Şekil 4.20. Pet kapların 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	41
Şekil 4.21. 250 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	42
Şekil 4.22. Pet kapların 250 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 10 saniye yıkama grafiği.....	42
Şekil:4.23. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 20 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik.....	43
Şekil:4.24. Pet kapların 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO ₂) ile 20 saniye yıkama grafiği.....	44
Şekil 4.25. E.coli Bakterisi için genel görünüm	44
Şekil 4.26. E.coli Bakterisi için genel görünüm	45
Şekil 4.27. E.coli Bakterisi için genel görünüm	46
Şekil 4.28. E.coli Bakterisi için genel görünüm	47
Şekil 4.29. <i>Enterococcus faecalis</i> için genel görünüm	48
Şekil 4.30. <i>Enterococcus faecalis</i> için genel görünüm	49
Şekil 4.31. <i>Enterococcus faecalis</i> için genel görünüm	50
Şekil 4.32. <i>Enterococcus faecalis</i> için genel görünüm	51

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Sodyum klorit yoğunluğu.....	5
Tablo 2.2. Klordioksinin fiziksel özellikleri.....	6

ÖZET

Anahtar kelimeler: Klordioksit, sodyum klorit, içme suyu, dezenfeksiyon, sanitasyon, damacana, PET şişe

Kuvvetli bir oksidan ve biyosit olduğu uzun yıllardır bilinen klordioksit, teknikte sodyum kloritten üretilmektedir. Bu çalışmada klordioksit içeren kararlı hale getirilmiş (stabilize) çözeltiler kullanılarak içme suyu endüstrisinde geri dönüşümlü dolum kaplarının (damacana) sanitasyonu hedeflenmiştir. Çalışmada 3 g/L lik stok stabilize klordioksit çözeltisi, hazırlanarak kullanıldı. Sentetik olarak kirletilmiş geri dönüşümlü kapların dezenfeksiyonu, stok klordioksit çözeltisi kullanılarak hazırlanan 0.2-2 ppm aralığında klordioksit içeren yıkama çözeltileri ile gerçekleştirildi. Aktif madde içerikleri, yıkama zamanı ve yıkama sayıları gradient olarak çalışıldı. Yapılan çalışmada değişik türde bakteriler üzerine (e-coli, enterekok) klordioksitin (ClO_2) dezenfeksiyon etkinliği incelendi. Bakteri seçimi İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (T.C. Sağlık Bakanlığı, 17.02.2005) dikkate alınarak seçildi. Sentetik olarak söz konusu bakterilerle kirletilen dolum kapları 24 saatlik inkübasyonu takiben 0.2-2 ppm aralığında stabilize ClO_2 çözeltilerin kullanımı ile 20, 10 sn lik yıkamalar yapılarak dezenfekte edildi. Kalan bakteri miktarı membran filtrasyon prosedürü ile sayıldı. Sonuçlar CFU(colony forming unit) olarak verildi. Zaman ve konsantrasyona karşılık CFU bakteri miktarı değişimi grafikler ve tablolar yardımı ile tartışıldı. 0.2-2 ppm ClO_2 konsantrasyonunun dezenfeksiyon için yeterli olduğu, konsantrasyon artışının yıkama zamanını azalttığı gözlemlendi.

DISINFECTION OF DRINKING WATER INDUSTRY RETURNABLE CONTAINERS

SUMMARY

Key Words: Chlorine dioxide, sodium chloride, drinking water, disinfection, sanitation, water bottle, PET bottle

Chlorine dioxide know as biocide and oxidant for many years is produced from sodium chlorine solution in technical. In this study, the sanitation of recycled filling containers using in drinking water industry was targeted by using chlorine dioxide containing solutions. Stabilized chlorine dioxide was preparation as 3 g / L concentration and used for this purpose. Disinfection of the synthetically contaminated containers were performed whit the 0.2-2 ppm range chlorine dioxide containing washing solutions which were prepared from the stock solution. Active matter contents, washing time and the washing number were studied in gradient. In this study, chlorine dioxide disinfection efficacy on different types of bacteria (*e.coli* and *entrocock*) were investigated. The bacteria were chosen according to "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği" (T.C. Sağlık Bakanlığı, 17.02.2005). After, the synthetically contaminated containers by the above mentioned bacteria were incubated at 37 °C for 24 hours, they were disinfected by washing for 10-20 minutes with the freshly prepared 0.2-2 ppm chlorine dioxide containing solutions. The residual bacteria amount was determined by membrane filtration method. The results were given as CFU (colony forming unites). The altering of CFU for the applying bacteria by the washing time and ClO₂ concentration were discussed through the agency of the prepared tables and driven graphics. 0.2-2 ppm chlorine dioxide concentration range was determined as sufficient for the disinfection depending of the washing time. The increasing of the concentration decreases the washing time.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde su işletmeleri, artan su ihtiyacını karşılamak için geliştirilmiş işletmelerdir. Bu işletmelerde içme suyu, su kaplarına dolumu yapılarak piyasaya arz edilmektedir. Bu işletmelerin bazılarında polikarbonat esaslı geri dönüşümlü kaplar kullanılmaktadır. Bu kaplar genelde 19 Lt hacimli olup dezenfekte edilerek dönüşümlü olarak kullanılmaktadırlar. Su işletmeciliğinde, ortam temizliği ile hijyeni ve bununla birlikte bu geri dönüşümlü kapların dezenfeksiyonu risk oluşturan noktalardır.

Geri dönüşümlü polikarbonat esaslı kapların dezenfeksiyonunda, piyasa şartlarında kullanılan dezenfeksiyon kimyasalları mevcuttur ve formüle edilerek kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde per-asetik asit, öne çıkan kimyasallardandır. Günümüzde daha etkin dezenfeksiyon yapabilecek ve daha az kalıntı bırakacak alternatif kimyasalların kullanılabilirliğinin araştırılması devam etmektedir. Bu dezenfektanlardan biri olan klordioksit ve ürünleri uzun süreden beri germisidal özellikleri araştırılan kimyasallardır ve endüstri sularının temizlenmesinde kullanılmaktadır. Gaz halindeki klordioksit suda çözünebilir bir bileşik olup, geniş bir organizma spektrumunda hızlı dezenfektan etkisine sahiptir. Bakteri duvarından sızarak oksidasyon yoluyla hücrenin sitoplazmasında önemli ve hayati rol oynar. Aminoasitleri oksitleyerek organizmanın yok olmasına sebep olur. Klordioksit farklı bakterilerin, virüslerin, yosunların, mantar ve tek hücreli canlıların öldürülmesinde seçilen dezenfektandır.

Dezenfektan olarak özellikle içme suyunun dezenfeksiyonunda EPA (U.S. Environmental Protection Agency) tarafından onaylanmış kimyasaldır. Fenoller, ağartıcılar, amonyum bileşikleri ve diğer dezenfektanlarla karşılaştırıldığında sert yüzeyler için oldukça iyi bir biyosittir. Çözeltileri fungusidal ve sporosidal aktivite

bakımından iyi etkiye sahiptir. Özellikle hastanelerde klordioksit su dezenfeksiyon sistemlerinde güvenilirdir. Hastane sularında legionella kontrolü açısından çok başarılıdır. Klordioksit, klor ve diğer birçok yaygın kullanılan antibakteriyal ajanlara oranla, güvenilir ve çevreci birçok uygulamalarda kullanılabilme avantajına sahiptir. Diğer türlere oranla aynı dozlarda kullanıldığında 4-7 kat daha etkili olduğu bulunmuştur.

Bununla birlikte klor kullanımında oluşan trihalometanlar, dioksinler ve haloasetikler gibi klorlanmış kanserojen yan ürünler, klordioksit kullanımında oluşmazlar. Buda son yıllarda klordioksiti özellikle su dezenfeksiyonunda tercih edilen dezenfektan olarak öne çıkarmıştır.

Yukarıda bahsedilen özelliklere sahip ve su kullanımlarına uygun dezenfektan olan klordioksitin (ClO_2), su endüstrilerinde kullanılan polikarbonat esaslı geri dönüşümlü kapların sanitasyonunda yada dezenfeksiyonunda etkin kimyasal olarak kullanılabilirliğinin araştırılması ilginç olacaktır.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sodyum Klorit

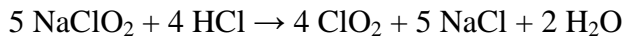
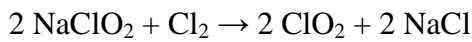
Sodyum klorit, yüksek etkinliğe sahip ağartıcı ve oksidatif dezenfektandır. Tekstil ürünlerinin, ipliklerin, odun yünü ve pamuğun ağartılmasında lifleri yıpratmayan ağartıcı olarak bilinir [1]. Şeker, nişasta, gres yağı, merhemlerin ve vaksların ağartılmasında, atık kontrol proseslerinde sterilizasyon ve koku gidermede, klordioksit kaynağı olarak kullanımı bilinmektedir [2].

Odun yünü ağartmada, içme suyu dezenfeksiyonunda, don yağı ağartmada, tıbbi dezenfeksiyonda ve bazı tedavilerde, sanitasyon, gıda prosesleri, su-kültürü çalışmaları, endüstriyel sulardan fenol ve siyanür bileşiklerinin uzaklaştırılmasında, yakıt gazlarından SO₂ ve NO gazlarının simultane uzaklaştırılması çok bilinen endüstriyel uygulamalarındandır [3].

TSE'nin içme ve kullanma sularında sodyum kloritin kullanımı adlı TSE 938 EN sayılı standardı bulunmaktadır. Bu standard, Türk Standartları Enstitüsü tarafından ilgili Avrupa standardı esas alınarak Türk Standardı olarak kabul edilmiştir (TSE EN 938).

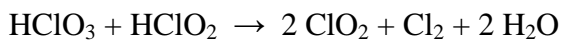
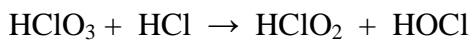
Sodyum klorit genellikle, sodyum kloratın klor dioksit indirgenmesi ve sonra da sodyum hidroksit ve hidrojen peroksit ile nötrleştirilmesini içeren bir proses gereği üretilir. Sodyum klorit kuvvetli yükseltgen bir maddedir. Asidik çözeltilerle veya klorla, klor dioksit oluşturur ve organik bileşiklerle reaksiyon verir. Üretim işlemlerinden ve ham maddelerden dolayı önemli miktarlarda bulunması muhtemel olan safsızlıklar ve toksin maddeler için sınırları vardır [4].

Sodyum kloritin temel uygulama alanı tekstil sektörüdür. Bu sektörde selülozik elyafların ağartılmasında ve sökülmesinde kullanılır. Ayrıca kağıt hamurunun ağartılmasında da kullanılır. Kontak lenslerin temizleyici solüsyonlarında ‘pürüt’ adı altında bileşen olarak kullanılmaktadır. Organik sentezlerde, aldehitlerin karboksilik aside oksidasyonunda kullanılır. Şehir şebeke sularının şartlandırmasında ve dezenfeksiyonda klor yerine kullanılmaktadır. Bu maddenin su arıtımındaki işlevi; klor, hidroklorik asit veya sodyum peroksodisülfat ile reaksiyona girerek klor dioksidi oluşturmasıdır [5].



Sodyum klorit yanıcı olmayan, kararlı ve pahalı olmayan ticari bir üründür. Sodyum klorit, sodyum klorattan elde edilir. Oksidasyon reaksiyonu süresince, organik maddelerle klor dioksidin % 50–70’i klorit iyonuna, kalan kısmı da klorat ve klor iyonuna dönüşmektedir. Laboratuvarda, sodyum kloritin (NaClO_2) klorla reaksiyona girmesiyle klor dioksit üretilir [6].

Yüksek verimli klor dioksit, hidroklorik asit ve kükürt dioksit gibi uygun bir indirgen ile kuvvetli asit çözeltisinde sodyum kloratın (NaClO_3) indirgenmesiyle üretilir [6].



2.1.1. Sodyum kloritin fiziksel özellikler

Sodyum kloritin bağıl molekül kütlesi 90,44 g/mol dır. Kimyasal formülü NaClO_2 seklindedir. Yaklaşık 392 °F (200 °C) de bozular. Genellikle suda çözünür, ancak suyun sıcaklığı arttıkça çözünürlük de artar. Darbe gördüğünde patlayabilen güçlü bir yükseltgendir. On yıldan daha fazla süre dayanabilir ve suyu absorplamaz (hidroskopik değildir). Sodyum klorit, yeşilimsi sarı sulu çözelti halinde bulunur. Oda şartlarındaki yoğunluğu Tablo 2.1’de verilmiştir [7].

Tablo 2.1. Sodyum kloritin yoğunluğu

Sulu çözeltinin derişimi % (m / m)	Yoğunluk g / mL, 20 °C'de
30	1, 2630
31	1, 2988

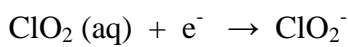
2.2. Klordioksit

Klor dioksit, 1811 yılında Sir Humprey Davey tarafından bulunmuştur 11°C'de gaz formunda bulunur. Hafif sarı-yeşil renklidir. Sert, keskin ve klor kokuludur. Fakat su içerisinde koku ve tat değişimine yol açmaz. Klordioksit son derece etkin bir biyosid olup 50 yıldan bu yana gıda endüstrisinde et, sebze ve meyvelerin dezenfeksiyonunda, şehir içme suyu dezenfeksiyonunda güvenle kullanılan insan sağlığına dost aktif bir maddedir [8].

Klor dioksit, ClO₂ formülünde kimyasal bir bileşiktir. Klor dioksit serbest radikal halde, koyu sarı renkli, uçucu ve kötü kokulu bir gazdır. Zehirlidir ve bazı koşullarda patlayıcı olabilir. Havalandırılmalı ortamda dikkatlice kullanılmalıdır.

Klor dioksit molekülü tek bir değerlik elektronuna sahiptir, bu yüzden paramanyetik radikal haldedir. Bu elektronik yapısı uzun süre kimyagerlere engel olmuştur. Çünkü olası Lewis yapılarının hiçbiri ikna edici olmamıştır [8].

Klor dioksit organik maddeleri yükseltger. Fakat bu yükseltgeme klorla dezenfeksiyonun reaksiyon mekanizması gibi değildir. Klor elektofilik yer değiştirme ve oksidasyon reaksiyonu verir. Klor dioksit seçici bir oksitleyici olarak bir elektron transferinde aşağıdaki reaksiyonda olduğu gibi davranır [9].



2.2.1.Klordioksitin fiziksel özellikleri

Klor dioksit serbest radikal halinde ve yeşilimsi sarı renkte bir gaz olarak bulunur. 11°C’ de gaz formunda bulunur. Hafif sarı-yeşil renklidir. Sert, keskin ve klor kokuludur. Çözeltileri klorla aynı kokuya sahiptir. Havada, 0,3 ppm den düşük konsantrasyonlarının da kokusu hissedilebilir. Diğer kimyasal özellikleri Tablo 2.2’ de gösterilmiştir [7].

Tablo 2.2. Klor dioksitin fiziksel özellikleri

Kimyasal Formülü	ClO ₂
Molekül Ağırlığı	67,5 g / mol
Erime Noktası	- 59 °C (-75 °C)
Kaynama Noktası	11 °C (52 °C)
Buhar Basıncı	760 mmHg
Sudaki Çözünürlüğü	0,8 g / 100 g
Havadaki Yoğunluğu	2,3
Patlama Sıcaklığı	130 °C (266 °C)
DG (25 °C)	2,95 kcal / mol
DH (25 °C)	25 kcal / mol

Özellikle soğuk sulardaki yüksek çözünürlük klor dioksitin önemli fiziksel özelliklerindedir. Klor gazının sudaki hidroliziyle karşılaştırıldığında klor dioksit suda gözle görülebilir ölçüde hidroliz olmaz fakat çözeltilerde çözülmüş gaz olarak kalır. Klor dioksit sıkıştırılmaz ya da ticari bir gaz olarak depolanamaz çünkü basınç altında patlayıcıdır. Aşırı patlayıcıyken klordan 10 kat daha uçucudur ve karbondioksit ile rekarbonizasyon ya da az havalandırma ile sulu çözeltilerden kolayca alınabilir [8].

2.3. Klordioksitin Kullanımı

Klor dioksit (ClO_2) genellikle su arıtma sırasında tat, koku ve renk ortadan kaldırmak için, bir oksidan olarak kullanılır. Klor dioksit virüs, bakteri, ve onun güçlü oksitleyici kapasitesi nedeniyle protozoon patojenleir inaktivede etkili bir kimyasaldır. Çünkü içme suyu arıtımı için bir dezenfektan ve oksidant olarak kullanılmıştır (USEPA, 1999).

Klor dioksit kağıt sanayinde ağartıcı olarak ve su arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su kaynaklarından fenol tipli atıkların ve alglerin temizlenmesini, demir ve manganın oksitlenerek daha kolay ayrıştırılmasını sağlar. Dezenfektan etkisi klor ve hipokloritten fazladır [9,10]. Klor dioksidi depolamak zor olduğu için sodyum klorit üretilmiştir. Sodyum klorit NaClO_2 formülünde kimyasal bir bileşiktir. Kuvvetli bir yükseltgen maddedir. Asidik çözeltilerle veya klorla, klor dioksit oluşturur ve organik bileşiklerle reaksiyon verir. Sodyum klorit; sodyum klorat, sodyum hidroksit, hidrojen peroksit ve sülfürik asitten üretilir [11].

Klor dioksit suda hidroliz olmaz ve $11\text{ }^\circ\text{C}$ nin altındaki sıcaklıklarda çözülmüş gaz olarak bulunur. Çözeltileri çok uçucudur ve bunun için ağzı kapalı kaplarda tutulmalıdır. Ultraviyole ışına maruz kaldığında, çözeltideki klor dioksit klorat iyonuna bozunur. Dolayısıyla, çözeltinin dayanıklılığının azalmasını ve klorat iyonunun istenmeyen oluşumunu önlemek için çözeltiler karanlıkta depolanmalıdır [12].

Klordioksit tekstil ağartmasında, iyi bir ağartıcı olarak kullanılmaktadır. Su arıtımı için dezenfektan ve saflaştırma kimyasalı olarak, suda yosun oluşmasını önleyici madde olarak, tekstil, fiber, kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde ağartıcı olarak, şekerin, nişastanın, merhem ve vaksların beyazlatılmasında, kanalizasyon atık suyunun sterilizasyonu ve kokunun giderilmesinde, tıpta tedavi edici olarak, biyolojik atık boşaltılmasında, gıdaların işlenmesinde, endüstriyel atık sudan fenolün uzaklaştırılmasında, endüstriyel soğutma sistemlerinde ve kulelerde mikrobik kirlenmeyi kontrol etmede, endüstriyel amonyak tesislerinde klorun yerine, mantar önleyici kimyasal olduğu için gıda işleme şirketleri tarafından meyve ve sebzeleri

yıkamada, deterjan kompozisyonlarında küf önleyici olarak, diş macunu ve lens solüsyonlarında kullanılmaktadır [13].

2.4. Dezenfeksiyonda Sodyumkloritin ve Klordioksitin Kullanımı

Dezenfeksiyon (Fr. desinfection) salgın hastalıklarla savaşmak için patojen mikropların yok edilmesidir. Dezenfeksiyon sterilizasyon demek değildir. Sterilizasyon korunmaya çalışılan ürüne bulaşabilecek patojen olan ya da olmayan tüm mikroorganizmaların yok edilmesidir. Sağlıklı olduğu halde mikroorganizma taşıyanların çokluğu ve bulaşıcı hastalıkların belirsiz biçimlerinin sıklığı nedeniyle dezenfeksiyonun etkisi kısıtlıdır. Özellikle dolaysız ve büyük bulaşmaları sınırlar.

Dezenfektan olarak özellikle içme suyunun dezenfeksiyonunda EPA (U.S. Environmental Protection Agency) tarafından onaylanmış kimyasaldır. Fenoller, ağartıcılar, amonyum bileşikleri ve diğer dezenfektanlarla karşılaştırıldığında sert yüzeyler için oldukça iyi bir biyosittir. Çözeltileri fungisidal ve sporosidal aktivite bakımından iyi etkiye sahiptir. Özellikle hastanelerde klordioksit su dezenfeksiyon sistemlerinde güvenilir ve özellikle hastane sularında legionella kontrolü açısından çok başarılıdır. ClO₂, klor ve diğer birçok yaygın kullanılan antibakteriyolojik ajanlara oranla, güvenilebilir ve çevreci birçok uygulamalarda kullanılabilme avantajına sahiptir. Diğer türlere oranla aynı dozlarda kullanıldığında 4-7 kat daha etkili olduğu bulunmuştur[14].

Ozon oksidasyon gücü çok yüksek ve bilinen en güçlü dezenfektandır. Yüksek oksidasyon gücü bakterilerin yok edilmesinde çok etkilidir. Ozonun suya 4 ile 10 dakika arasında uygulanması suyun dezenfekte olması için yeterlidir. Virüsler çok küçük boyutlarda olduğu için parazitik biyolojik kümeler oluşturmaktadır Virüslerin bakteri filtreleri ile tutulmaları mümkün değildir.

Suyun durumuna göre 0.1 ile 0.5 mg/Lt ozon verilmesi, bakterileri %99.99 oranında öldürmesi için yeterlidir. Ozon özellikle ortamda su bulunduğunda biyosid etki gösterir. Ozonun bu biyosid etkisinden, yaygın olarak içme sularının dezenfeksiyonunda yararlanılmaktadır. Suda 2 mg/lt ozon bulunması halinde birkaç

dakika içinde canlı mikroorganizma sayısı %99 oranında azalmaktadır. Diğer taraftan, ozon patojen virüsler üzerinde de öldürücü etkiye sahiptir. İçme ve kullanma sularında ozon uygulaması ülkemizde uzun zamandır kullanılan bir yöntem olmakla beraber TSE tarafından onaylanmış ve TS EN 1278 nolu standartta yayımlanmıştır[15].

Dünyanın birçok ülkesinde, içme sularının sterilizasyonunda ve şişe su üretimi yapan firmaların tamamında ozon kullanılmaktadır. Ozonun içme sularının sterilizasyonunda kullanılmasının en önemli nedeni, kısa sürede ve etkin bir dezenfeksiyon sağladıktan sonra oksijene dönüşerek ortamdaki ayrılması ve kalıntı bırakmamasıdır. Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan ozonlama sistemi, içme ve kullanma suyunda ve şişelenmiş sularda da kullanılması 1982 yılında FDA (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından Genel Olarak Güvenilebilir (GRAS) deklarasyonunda yayımlandı ve ozon güvenli ilan edildi. Ozon gazı bir venturi sistemiyle ozonun suya en üst seviyede karışması için reaksiyon tankında uygulanır ve ozona temas etmesi gereken süresi tamamlanarak kaliteli ve güvenli içme suyu elde edilir.

UV teknolojisi ile dezenfeksiyon, 254 nm dalgaboylu UV-C ışınları kullanılarak sağlanır. Bu ışınlar mikroorganizmalar ile temas ettiklerinde, DNA'larına "fotooksidasyon" yoluyla hasar vermektedir. DNA'sı tahrip olan canlıların üreme dahil tüm hücre faaliyetleri durur ve hücre ölümü gerçekleşir. UV dezenfeksiyonu için geliştirilmiş cihazlar, 254 nm dalgaboylu UV ışınları üreten özel UV lambalarla donatılmıştır. Dezenfekte edilecek su bu cihaz içinden akarken yoğun şekilde UV ışınlarına maruz kalmakta, su içindeki mikroorganizmalar etkisiz hale gelmektedir. UV cihazlarının seçiminde, dezenfekte edilecek suyun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile anlık su debisi en önemli parametrelerdir[16].

Hidrojen peroksit sterilizasyonda, dezenfeksiyonda ve antisepsiste biyosid olarak kullanılmaktadır. Renksiz bir sıvıdır. Hidrojen peroksitin %3-90'a kadar değişen konsantrasyonlarında ticari ürünleri bulunmaktadır. Hidrojen peroksit su ve oksijene parçalanmasından dolayı çevre dostudur. Saf solüsyonları stabil olmasına karşın bozulmasını önlemek için stabil edici ajanlar eklenebilir. Hidrojen peroksit virüs, bakteri, maya, bakteri sporlarına karşı geniş yelpazede bir etkinlik gösterir. Ancak

hidrojen peroksitin genel olarak önemli aktivitesi gram negatif bakterilerden daha çok gram pozitiflere karşıdır. Sporoidal aktivite gaz fazında önemli derecede artmasına karşın, hidrojen peroksitin (%10-30) yüksek konsantrasyonları ve daha uzun temas zamanları gereklidir.

Hidrojen peroksit serbest hidroksil radikallerini ürettiği için güçlü okside edici bir ajandır. Serbest hidroksil radikallerinin DNA, lipid, protein gibi hücre bileşenlerine saldırdıkları ve özellikle sülfidril grupları ve çift bağları hedef aldıkları ileri sürülmektedir.

Kritik ve yarı kritik hasta bakım ünitelerinin dezenfeksiyonunda hidrojen peroksit yüksek düzey dezenfektan olarak kabul edilir ve materyallerin temizlenmesinden sonra %6'lık hidrojen peroksit konsantrasyonları, oda sıcaklığında, en az 20 dakika temas süresinde dezenfeksiyonu gerçekleştirir. Hidrojen peroksitin %7.5 ve fosforik asitin %0.85'lik konsantrasyon karışımları, endoskoplara (hidrojen peroksitle uyumlu) yüksek düzey dezenfeksiyonu için kullanılabilir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) "Food and Drug Administration (FDA)" tarafından ise %7.5'lik hidrojen peroksit ile sterilizasyonda 20°C ve 6 saatlik temas süresi, aynı koşullarda dezenfeksiyonda ise 30 dakikalık temas süresi kabul edilmektedir.

Klor dioksit sodyum kloritten kullanım anında üretilir ve suda çözülmüş olarak kullanılır. Son yıllarda stabilize edilmiş ClO₂ çözeltileri konusunda artan çalışmalar ve patentler mevcuttur. Uygulamada reaksiyon ortamında oluşan klordioksitin aktif molekül olarak iş yapması söz konusudur [5]. Sodyum klorit kuvvetli yükseltgen bir maddedir. Asidik çözeltilerle veya klorla, klor dioksit oluşturur ve organik bileşiklerle reaksiyon verir.

Klordioksit ve ürünleri uzun süreden beri germisidal özellikleri araştırılan kimyasallardır ve endüstri suların temizlenmesinde kullanılmaktadır. Gaz halindeki klordioksit suda çözünebilir bir bileşik olup, geniş bir organizma spektrumunda hızlı dezenfektan etkisine sahiptir.

Bakteri duvarından sızarak oksidasyon yoluyla hücrenin sitoplazmasında önemli ya da hayati aminoasitleri oksitleyerek organizmanın yok olmasına sebep olur. Klordioksit farklı bakterilerin, virüslerin, yosunların, mantar ve tek hücreli canlıların öldürülmesinde seçilen dezenfektandır[6].

Bununla birlikte trihalometanlar, dioksinler ve haloasetikler gibi klor kullanıldığında oluşan klorlanmış kanserojen yan ürünler, ClO₂ kullanımında oluşmazlar. Buda son yıllarda klordioksiti özellikle su dezenfeksiyonunda tercih edilen dezenfektan olarak öne çıkarmıştır[18].

Klordioksitle son yıllarda yapılan çalışmalardan, Huang Junlı ve arkadaşlarının 1996 yılında yaptığı klordioksidin bakteriler üzerindeki dezenfeksiyon çalışmasında klordioksidin klora oranla yüksek dezenfeksiyon etkisi olduğu görülmüştür. Bu çalışmada klordioksidin dezenfeksiyonun klordioksit miktarına bağlı olarak bakteriler üzerinde ki etkileri araştırılmış ve grafikleri çizilmiştir. Bu çalışmada klordioksidin bariz dezenfeksiyon etkisi görünmektedir [19,20].

Chen-Yu CHANG ve arkadaşlarının 2000 yılında içme sularında yöntem olan klordioksidin dezenfeksiyonu makalesinde klordioksidin humik asit ve organik maddelere etkisi araştırılmıştır. Klordioksidin organik kirliliklere karşı etkisi, klordioksit miktarını bağlı olarak değişimi ve klordioksidin pH değişkenliğinde etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada klordioksidin her pH da organik kirlilikleri ve humik asitleri bertaraf ettiği görünmektedir [22].

Yine Richa VAİD ve arkadaşlarının 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada, *Listeria* bakterisinin ve oluşturduğu biyofilmin klordioksit gazı, klordioksit ve sodyumhipokloritle olan aktifliği karşılaştırılmıştır ve klordioksidin üstünlüğü bariz görünmektedir [23].

Aynı şekilde Rossella SACCHETTİ ve arkadaşlarının 2009 yılındaki çalışmasında, *Pseudomonas aeruginosa* bakterisi ile kirletilen su sebillerinin, 90 günlük zaman içerisinde bakteri yoğunlukları ve bu bakterilerin perasetikasit ve hidrojen peroksit ile dezenfeksiyonu gözlenmiştir [24].

Günümüzde kullanılan per-asetik asit dezenfektanın içinde bulunan asetik asit parçalanarak organik kirlilik oluşturur. Bu bileşik bakterilerin büyümesine sebep olabilir. Diğer bir etkili dezenfektan olarak bilinen ozon, bromdan kanserojen madde olan bromat oluşturmaktadır. ClO_2 kullanımında ise trihalometan türlerinin oluşumunun çok düşük olduğu bildirilmiştir[9].

Sunulan bu çalışmada içme sularının satıldığı şişelerin, polikarbonat damacanelerin, değişik hacimlerdeki pet kapların ya da cam şişelerin dezenfeksiyonunda stabilize klordioksit çözeltisinin kullanılabilirliğinin araştırılmasını hedeflenmiştir. İlk olarak stabil klordioksit çözeltisi literatürde verildiği gibi elde edilmiştir. Bu çözelti ticari olarak satılan % 31 lik sodyum klorit çözeltisi kullanılarak 3 g/L klordioksit çözeltisi hazırlanmıştır[10]. Bu çözelti seyreltilerek dezenfektan olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalara deneysel kısımda geniş olarak yer verilecektir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Kullanılan Materyal ve Ekipmanlar

%31 lik Sodyum klorit ve sodyum hidrojen sülfat TUROKSİ Kimya Ltd. Şti tarafından tedarik edildi. Sodyum karbonat, peroksidisülfat ve diğer bütün kimyasallar, merck ve aldrich firmalarından tedarik edildi. Orijinal saflık dereceleri deneysel şartların sağlanması için yeterli kabul edilerek deneyler gerçekleştirildi. Serbest ClO₂ değerleri Fotometre (Hach Lange DR2800) ve fotometre ölçüm kiti (Hach Lange ölçüm kiti LCK310) kullanılarak ölçüldü. Etüv, otoklav, mikrobiyolojik ekim ekipmanı, paslanmaz filtre, bek alevi, hazır besiyeri (Sartoriusun Endo, Sartoriusun TTC besi yeri ve Sartoriusun AZIDE), Sartoriusun filtrasyon kâğıdı 0,45 µ (mikron), Starnet filtrasyon tabancası 0,02 µ (Mikron), 1,5 Lt lik pet kaplar.

Sakarya Üniversitesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji laboratuvarındaki çalışmalarda kullanılan Triptik Soy Broth dehidre besiyeri Merck'den sağlandı. Kullanıma hazır halde alınan Koyun Kanlı Agar besiyeri Mikrokimyadan temin edildi, Escherichia coli ATCC 25922 ve Enterococcus faecalis ATCC 29212, Biosan DEN1 McFarland Densitometer deneylerin gerçekleştirilmesinde kullanıldı.

3.2. Bakteriler

3.2.1. *Escherichia coli* bakterisi

Genelde E. coli kısaltması ile veya koli basili olarak bilinen Escherichia coli (okunuşu Eşerişiya koli) , memeli hayvanların kalın bağırsağında yaşayan

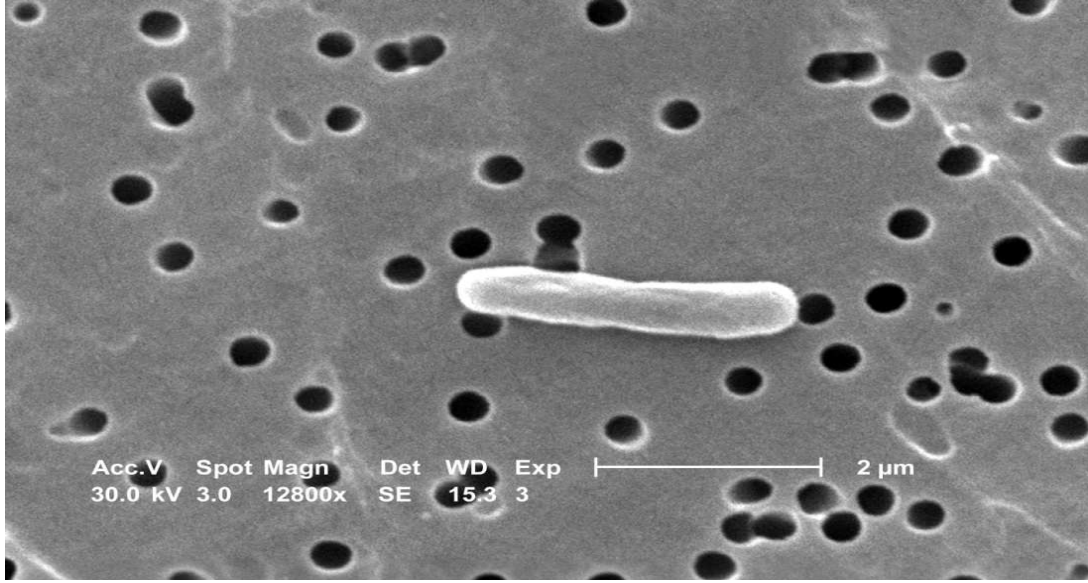
faydalı bakteri türlerinden biridir. Normalde bağırsakta yaşadığı için, *E. coli* 'nin çevresel sularda varlığı dışkı kirlenmesinin bir belirtisidir.

E. coli, pediyatrist ve bakteriyolog olan Theodor Escherich tarafından bebek dışkılarında keşfedilmiştir ve adını ondan alır; coli, "kalın bağırsaktan" demektir. *E. coli*, genel olarak bakteri biyolojisinin anlaşılması amacıyla üzerinde sıkça çalışılmış bir model organizma olmuştur. Canlılar arasında hakkında en fazla şey bilinen organizma olduğu söylenebilir.

İnsanın bir günde dışkı yoluyla vücudundan geçen *E. coli* bakteri sayısı 100 milyar ila 10 trilyon arasındadır. Dışkıyı oluşturan bakteriler başlıca anerobik bakterilerdir, fakültatif anerobik *E. coli* hücrelerinin sayısı diğer bakteri türlerinin binde biri dolayındadır. Başka hayvanlarda etkisiz olan bazı *E. coli* tipleri insana bulaştıklarında hastalık yapabilirler. Bunların en ünlüsü sayılan O157:H7 adlı serotip kanlı ishale ve ölüme yol açabilir[25].

E. coli, normal bağırsak florasına aittir, biyolojik sınıflandırmada da bağırsaklarda yaşayan bakterilerden oluşan enterik bakteriler ailesinde yer alır. Bakteri çubuk şeklinde olup, boyutları 1-2 µm uzunluğunda ve 0.1-0.5 µm çapındadır.

E. coli Gram-negatif bir bakteri olduğundan endospor oluşturmaz, pastörizasyon veya kaynatma ile ölür. Memeli hayvanların bağırsaklarında büyümeye adapte olmuş olduğu için en iyi vücut sıcaklığında çoğalır.



Şekil 1.1. Bir *Escherichia coli* bakterisinin elektron mikroskopunda görüntüsü[25].

3.2.2. Enterokok bakterisi

Enterokoklar tekli, ikili veya kısa zincirler oluşturan gram pozitif koklardır. Bu mikroorganizmalar insan ve hayvanlarda normal barsak florasının önemli bir kısmını oluştururlar. *Enterokoklar* hastane içi ve hastane dışı infeksiyonlara sebep olabilirler. Bu bakteriler kalp kapakçıklarına ve böbrek epitel hücrelerine tutunma yeteneğine sahiptirler. Son zamanlara kadar streptokok cinsi içinde sınıflandırılmışlardır. Schleifer ve Kilpper-Balz 1984'te *S. faecalis* ve *S. faecium*'un streptokoklardan ayrılarak Enterococcus cinsine aktarılmasını önermişlerdir. Daha sonra bu cins içindeki bakteriler *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. malodoratus*, *E. hirae*, *E. gallinarum*, *E. mundtii*, *E. raffinosus*, *E. pseudoavium*, *E. flavescens*, *E. dispar*, *E. sulfureus*, *E. saccharolyticus*, *E. columbae* ve *E. cecorum* gibi çeşitli türlere ayrılmışlardır[26].



Şekil 2.1. Enterekok bakterisi.[25]

Enterokoklar 10-45 °C'de üreyebilen, %6.5 NaCl'li ortamlarda üremeyi sürdürebilen, 60 °C'de 30 dakika canlı kalabilen ve eskülini hidrolize edebilen bakterilerdir. Ayrıca pH 9.6'da, %40 safra tuzu içeren besiyerinde üreyebilirler. Fakültatif anaerob bakterilerdir. Sitokrom enzimleri olmadığından katalaz negatiftirler. Glikozdan gaz oluşturmazlar. Kanlı jelozda Enterokok kolonileri büyükçe, gri, parlak, buğulu görünümde olup alfa, beta hemolitik ya da non-hemolitiklerdir.

Enterokoklar insan dışkıında genellikle *E. coli* 'den daha az sayıda bulunur ve suda iyi üreyemezler. Diğer taraftan suda koliformlardan daha uzun süre canlılıklarını koruyabilmektedirler. Bu özellikler, enterokokların sular için fekal kontaminasyon indikatörü olarak değerini belirli ölçüde de olsa artırmıştır. Ancak daha doğru sonuç elde edebilmek için klasik *enterokokların koliform* bakteri veya toplam bakteri sayısı ile birlikte verilmesinin uygun olacağı tartışılmaktadır [26].

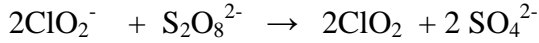
Enterokoklar hemen her zaman, her yerde bulunabilen mikroorganizmalardır. Süt ürünlerinde ve diğer gıdalarda da yüksek oranlarda bulunabilen bu bakterilerin,

bakteriyosin üretimi, probiyotik karakteri, süt endüstrisinde kullanılabilirlikleri gibi önemli biyoteknolojik özellikleri olduğu halde, onların gıda kaynaklı patojenler olarak görülüp görülmeyeceği üzerine fikir birliği yoktur. Ancak son yayınlar *E. faecalis* 'in ve diğer laktik asit bakterilerinden bazı türlerinin klinik enfeksiyonlara, özellikle de endokarditis oluşumuna katıldıkları belirtilmektedir.

3.3. Metot

3.3.1. Stabilize klordioksit ve yıkama çözeltilerinin hazırlanması

Sabilize klordioksit çözeltisi literatür bilgisinden yararlanılarak hazırlandı [10]. 16,45 gr % 31 lik sodyum klorit, 2 gr sodyum karbonat, 900 mL su içerisinde çözüldü (pH~ 12). 5,33 gr peroksidisülfat ve 2,15 gr sodyum hidrojen sülfat 100 mL su içerisinde çözüldü. Hazırlanan iki çözelti karıştırıldı ve litreye tamamlandı. Bu çözeltinin pH sı 7,5 olarak ölçüldü.



Hazırlanan çözelti karanlıkta serin bir yerde 12 saat bekletilerek reaksiyonun dengeye gelmesi beklendi. Böylece 3 g/L konsantrasyona sahip pH~ 7.5 lik ClO_2 çözeltisi hazırlanmış oldu. Bu çözelti stok çözelti olarak kullanıldı ve seyreltilerek 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm ve 2 ppm ClO_2 içerikli yıkama çözeltileri hazırlandı. Çözeltilerin klordioksit miktarları Hach Lange nin DR2800 fotometre cihazında LCK310 no lu hazır kiti ile ölçümleri teyit edildi. Böylelikle hazırlanan yıkama çözeltilerinin aktif madde içerikleri doğrulandı. Her seferinde hazırlanan çözeltiler için tek tek doğrulama yapıldı.

3.3.2. Pet kapların bakterilerle kontaminasyonu

Sakarya Üniversitesi biyoloji bölümünün mikrobiyoloji araştırma laboratuvarında yapılan çalışmalarda, Triptik Soy Broth besiyerini hazırlamak amacıyla 30 gr Triptik Soy Broth (toz) üzerine distile su ilave edilerek 1000 ml'ye tamamlandı. Bu şekilde hazırlanan besiyeri 121°C'de, 1 atm. basınç altında 15 dakika boyunca steril edildi ve

besiyeri kullanılabildiği kadar +4 °C'de buzdolabında bekletildi. Test mikroorganizmaları olarak *Escherichia coli* ATCC 25922 ve *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 kullanıldı.

Bakteri suşları 24 saat 37±1 °C'de Triptik Soy Broth besiyerinde zenginleştirme işleminin ardından sonra Koyun Kanlı Agara ekilerek 24 saat 37±1 °C'de inkübe edildi. 24 saatlik taze bakteri kültürlerinden 1×10⁷ CFU/ ml bakteri süspansiyonu densidometre cihazı kullanılarak hazırlandı.

Elde edilen bakteri süspansiyonundan 1.5 L steril su ile dolu pet şişelerin her birine 1 ml aktarıldı. Bakterilerin bu ortamda canlılıklarını korumaları ve üremelerini sağlamak amacıyla pet şişelerin her birine 4 ml Triptik Soy Broth besiyeri eklendi. Tüm işlemler aseptik koşullarda uygulandı. Kontamine edilen pet şişeler *Escherichia coli* ATCC 25922 bakteri şuşu için 24 saat 37±1 °C'de; *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 bakteri şuşu için 48 saat 37±1 °C'de inkübe edildi.

3.3.3. Klordioksit miktarının belirlenmesi

Stok çözelti olarak hazırlanan % 3 lük klordioksit çözeltisi kat oranlarına göre seyrettilerek istenilen ppm de çözelti hazırlandı. Doğruluğu da Hach-Lange fotometresinde LCK310 nolu klordioksit kiti ile doğrulandı. % 3 lik klordioksit çözeltisinden 1 gr alınarak 1000 mL ye tamamlandı. Böylece klordioksit çözeltisi 3mg/ L lik oldu. Bu çözeltiden 3 ppm lik çözelti elde edildi. Bu kat oranlarına istinaden 0,3ppm 0,5ppm, 1 ppm ve 2 ppm klordioksit çözeltileri hazırlandı.

Klordioksitin doğrulanmasında, doğrulanacak numuneden 8 mL alınır, LCK310 nolu kite konulur ve çalkalanır. 30 sn bekleme süresinde LCK 310 nolu kitin sahit numunesi DR2800 nolu fotometrede okutulur. 30 saniye sonra numune konulur ve çıkan sonuç kaydedilir. Böylelikle klordioksit miktarı doğrulanır. İstenilen ppm den az olursa klordioksit eklenir ve tekrar ölçüm yapılır. Eğer sonuç fazla olursa üzerine su ilave edilir ve tekrar ölçülür.

3.3.4. Pet kapların dezenfeksiyonu

Pet kapların bakteriler ile kontaminasyonu ve inkübasyon işlemlerinin ardından pet kaplar boşaltıldı ve 0,3 ppm 0,5 ppm 1 ppm ve 2 ppm olarak hazırlanan klordioksit çözeltileri ile dezenfekte edildi. Dezenfeksiyonun şiddetini görebilmek için dört deneme yapıldı, birinci kap bir defa ikinci kap iki defa, üçüncü kap üç defa ve dördüncü kap dört defa çalkalandı. Çalkalama işlemi kap iki el arasında yere paralel tutulup homojen şekilde yayık misali çalkalanarak yapıldı.

Çalkalama işleminde zamana bağlı uygulamalar yapıldı. 10 saniyelik ve 20 saniyelik çalkalama süreleri uygulandı. Farklı derişiklerde (ppm) klordioksit içeren dezenfeksiyon çözeltileri 150 ml ve 250 ml olarak kullanıldı. Çalkalanan kaplar steril su ile dolduruldu ve canlı kalan bakterilerin dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletildi. Çalışmada klordioksit miktarının (0,3 ppm 0,5 ppm 1 ppm ve 2 ppm), çözeltili hacminin (150 ml ve 250 ml), uygulama zamanının (10 saniye ve 20 saniye) dezenfeksiyona etkileri araştırıldı.

3.3.5. Membran filtrasyon yöntemi ile sayım

Belli hacimdeki bir bakteri süspansiyonunun, alanı belli bir filtre yüzeyinden süzülmesi, bu yöntemin prensibini oluşturur. Bu mikroorganizmaların sayısı, filtre yüzeyinin doğrudan mikroskopla incelenmesiyle belirlenebileceği gibi (toplam mikroorganizma sayımı), filtrenin, uygun bir besiyeri yüzeyine konulup inkübasyonundan sonra oluşan kolonilerin sayımı ile de belirlenebilir (gelişme yeteneğinde olan canlı mikroorganizmaların sayımı). Filtre yüzeyindeki mikroorganizmaların doğrudan sayımında, aynı Thoma lamı ile sayımda olduğu gibi, uygun sayıdaki mikroorganizma popülasyonunun filtre yüzeyine homojen bir şekilde dağılması önemlidir. Filtre edilecek sıvının miktarını, içerdiği yaklaşık mikroorganizma sayısı ve filtre büyüklüğü belirler. Direk sayım yöntemi sırasında filtre yüzeyindeki bakteri yoğunluğunun, her bir mm² için 1.000-3.000 hücre arasında olması uygundur. Eğer filtre edilecek sıvının bakteri yoğunluğu çok daha fazla ise, materyal önce steril su ile seyreltilmelidir.

Bu çalışmada pet kapların dezenfeksiyon işleminin ardından canlı kalan bakteri sayısını belirlemek amacıyla membran filtrasyon yöntemi kullanıldı. Bir saat boyunca bekletilen kaplardaki sudan 250mL alınarak membran filtrasyon kağıdından(0,45 mikron çap) geçirildi. Membran filtrasyon kağıdı uygun besiyerinin üzerine yerleştirilerek 24 saat 37 °C de inkübasyona tabi tutuldu. Yoğun bakterilerin olduğu sularda uygun görülen seyreltmeler yapıldı. İnkübasyon işlemini ardından meydana gelen bakteri kolonileri sayıldı.

3.4. Yapılan Çalışmalar

3.4.1. *E. coli* bakterisinin klordioksitle dezenfeksiyonu

E. coli bakterisinin klordioksitle dezenfeksiyonuna, klordioksit miktarı ve uygulama süresinin etkileri gözlemlenmiştir. Aynı yoğunluktaki bakteri süspansiyonu ile kontamine edilmiş kaplarının dezenfeksiyonunda değişken yoğunluklardaki klordioksit çözeltilerini dezenfeksiyon etkisi araştırılmıştır. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye, 150 mL 1mg/L ile klordioksit 10 saniye, 150 mL 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye, 250 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye, 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 20 saniye boyunca yapılan dezenfeksiyonun sonuçları ile su ile dezenfeksiyonun sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.4.1.1. 150 mL su ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL steril su ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 sn 150 mL steril su ile bir defa çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL steril su ile çalkalandı, üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL steril su ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 150 mL steril su ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.1.2. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit(ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ClO₂ ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap, 10 saniyen 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 saniyen 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.1.3 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 1 mg/L klordioksit ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, dördüncü kap 4 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.1.4. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL mg/L klordioksit ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 saniyen 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, dördüncü kap 4 defa 10 saniye 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri

dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.1.5. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit(ClO₂) ile 20 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 20 saniye 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, ikinci kap 2 defa 20 saniye 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 20 saniye 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 20 sn 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.1.6. 250 mL 0,3 mg/L klordioksit(ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 250 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 sn 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.2. *Enterococcus faecalis* dezenfeksiyonu

Enterococcus faecalis'in klordioksitle dezenfeksiyonuna, klordioksit miktarı ve uygulama süresinin etkileri gözlemlenmiştir. Aynı yoğunluktaki bakteri süspansiyonu ile kontamine edilmiş kaplarının dezenfeksiyonunda değişken yoğunluklardaki klordioksit çözeltilerini dezenfeksiyon etkisi araştırılmıştır. 150 mL

0,5 mg/L klordioksit ile 10 saniye, 150 mL 1mg/L ile klordioksit 10 saniye, 150 mL 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye, 250 mL 0,5 mg/L klordioksit ile 10 saniye, 150 mL 0,5 mg/L klordioksit ile 20 saniye boyunca yapılan dezenfeksiyonun sonuçları ile su ile dezenfeksiyonun sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.4.2.1. 150 mL su ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 saniye 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 250 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) çözeltisi ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.2.2. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 sn 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile bir defa çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.2.3. 150 mL 1mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile bir defar çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.2.4. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 saniye 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile tek sefer çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.2.5. 250 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı. 250 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 10 saniye 250 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile tek sefer çalkalandı, ikinci kap 2 defa 10 saniye 250 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 10 saniye 250 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 10 sn 250 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri

dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

3.4.2.6. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 20 saniye yıkama

Bakteri ile kontamine edilen kaplar 37 C⁰ de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından kaplar boşaltıldı.. 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 4 kap tek tek yıkandı. Birinci kap 20 sn 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile tek sefer çalkalandı, ikinci kap 2 defa 20 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Üçüncü kap 3 defa 20 saniye 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı, dördüncü kap dört defa 20 sn 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile çalkalandı. Bu çalkalanan şişeler steril su ile dolduruldu. Canlı kalan bakteri dağılımının homojen hale gelmesi için 1 saat bekletilen bu kaplardan 250 ml alınarak membran filtrasyon yöntemi uygulandı.

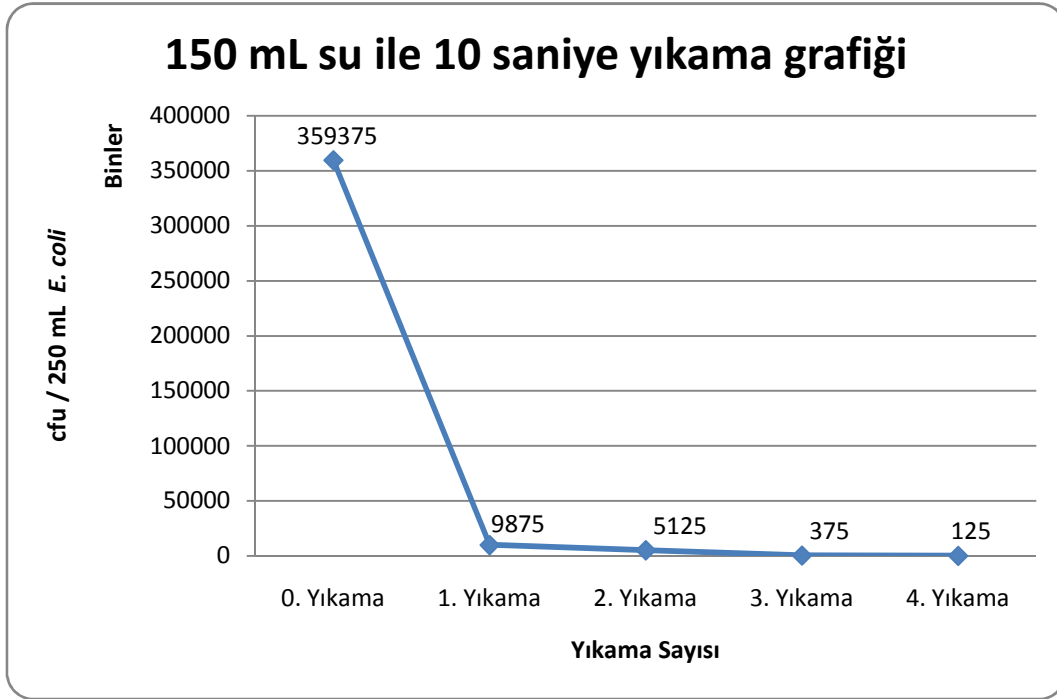
BÖLÜM 4. DENEYSEL BULGULAR

4.1. *E. coli* 'nin Klordioksitle Dezenfeksiyon Sonuçları

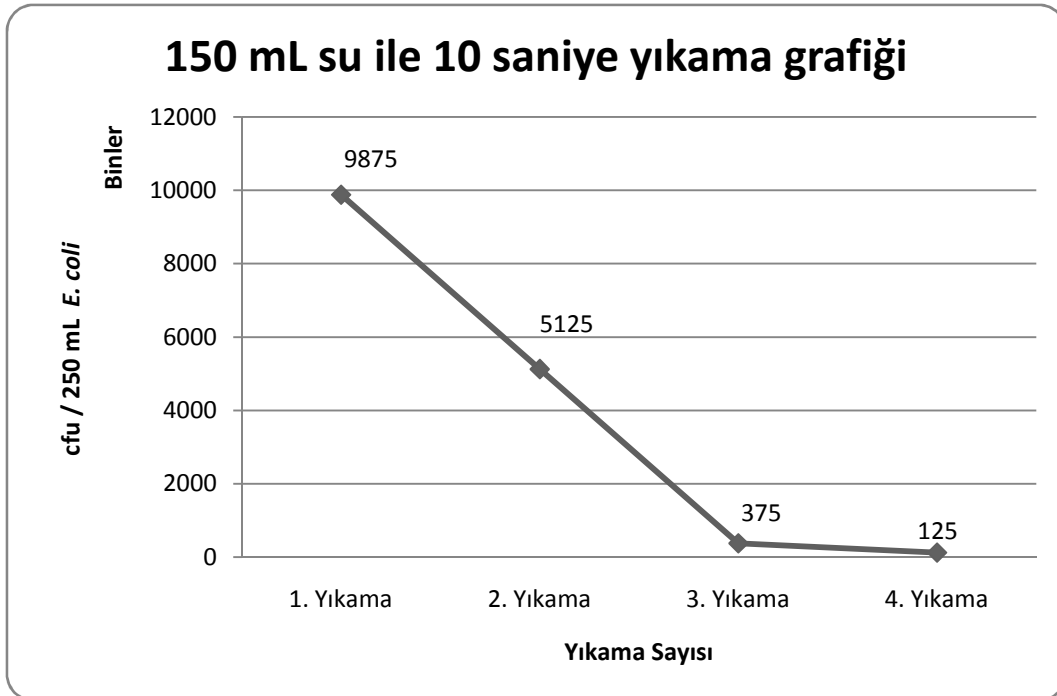
Genelde *E. coli* kısaltması ile veya koli basili olarak bilinen *Escherichia coli* (okunuşu Eşerişhiya koli) , memeli hayvanların kalın bağırsağında yaşayan faydalı bakteri türlerinden biridir. Normalde bağırsakta yaşadığı için, 'nin çevresel sularda varlığı dışkı kirlenmesinin bir belirtisidir. Sularda istenmemektedir[25]. *E. coli* bakterisinin klordioksitle dezenfeksiyon sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.1.1. 150 mL su ile 10 saniye yıkama sonuçları

İnkübasyondan sonra bir defa yıkanan kaptan alınan numunenin ekildiği membran filtrasyon kağıdında tabaka şeklinde bakteri üremesi meydana gelmiştir. Numune 62500 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 158 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İki defa yıkanan kaptan alınan numunenin ekildiği membran filtrasyon kağıdında tabaka şeklinde bakteri üremesi meydana gelmiştir. Numune 62500 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 82 cfu /250mL bakteri sayılmıştır. Üç defa yıkanan kaptan alınan numunenin ekildiği membran filtrasyon kağıdında tabaka şeklinde bakteri üremesi meydana gelmiştir. Numune 62500 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 6 cfu /250mL bakteri sayılmıştır. Dört defa yıkanan kaptan alınan numunenin ekildiği membran filtrasyon kağıdında tabaka şeklinde bakteri üremesi meydana gelmiştir. Numune 62500 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 2 cfu /250mL bakteri sayılmıştır. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır. Şekil A.1, Şekil A.2, Şekil A.3, Şekil A.4'de meydana gelen bakteri üremeleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak çizilen grafikler aşağıda sunulmuştur.



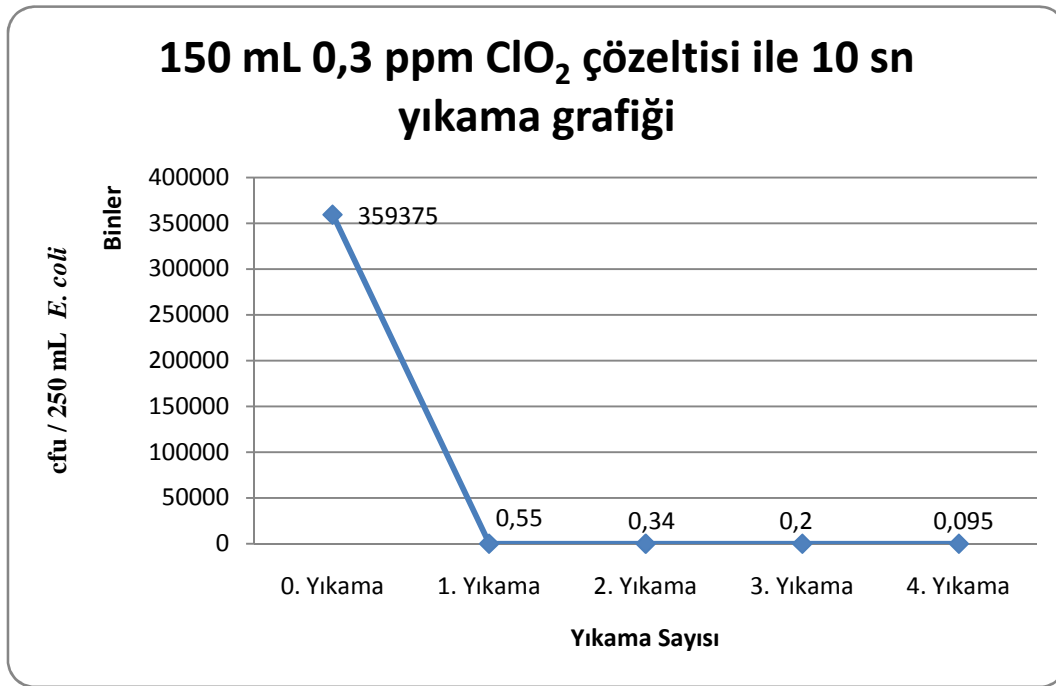
Şekil 4.1. 150 mL Su ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



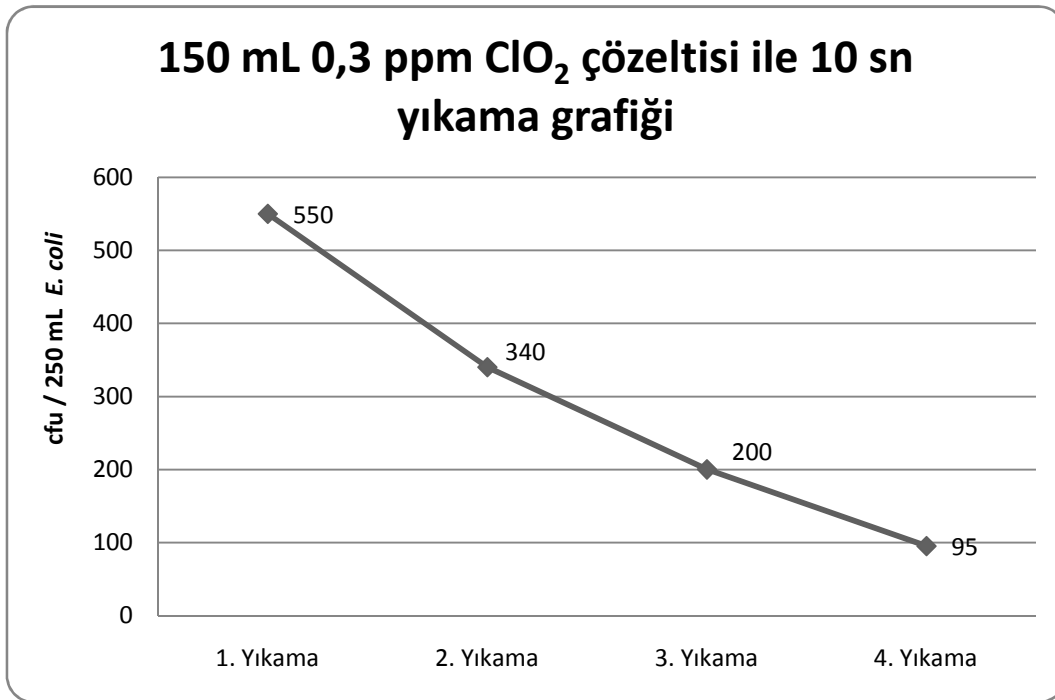
Şekil:4.2. Pet kapların 150 mL su ile 10 saniye yıkama grafiği

4.1.2. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci numunede tabaka şeklinde bir üreme görülmüştür. Bu numune 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 1 cfu/mL bakteri sayılmıştır. İkinci numunede 340 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu numune 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 1 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü numunede 200 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü numunede 95 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.5, Şekil A.6, Şekil A.7, Şekil A.8’de meydana gelen bakteri üremeleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



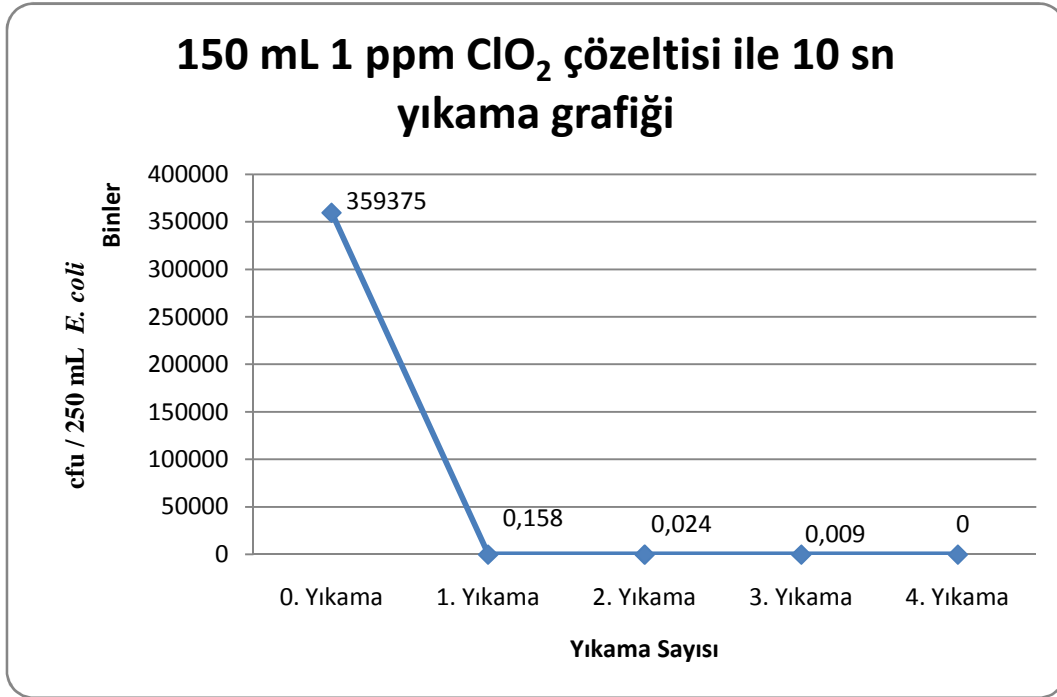
Şekil 4.3. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



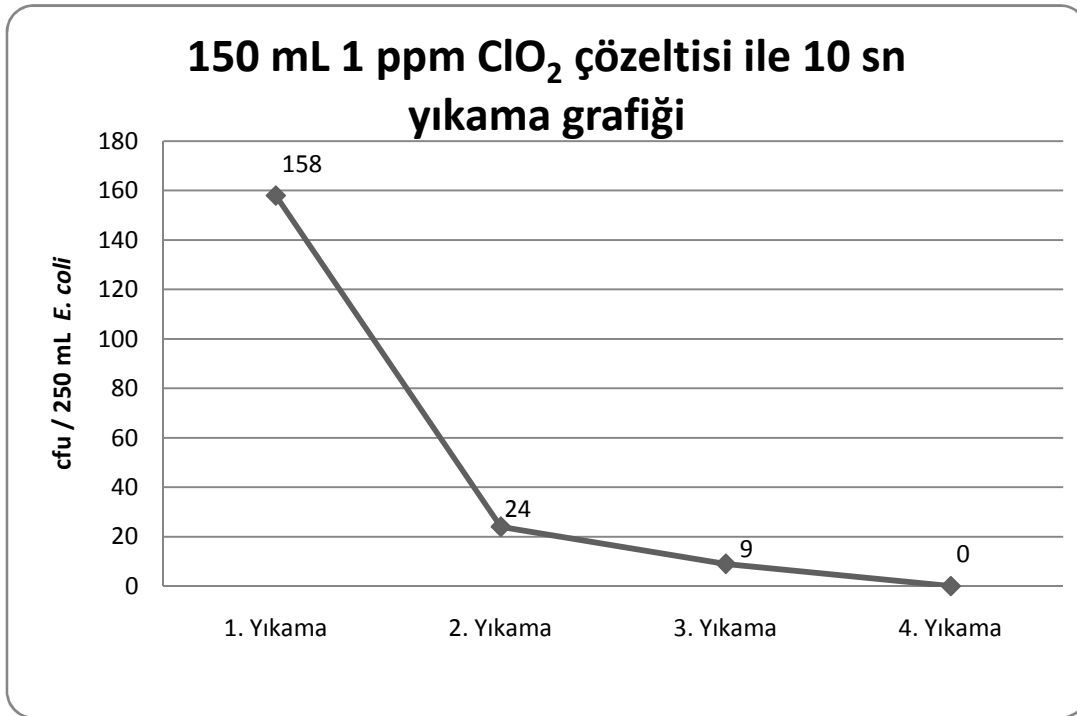
Şekil 4.4. Pet kapların 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.1.3. 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci numunede 158 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci numunede 24 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü numune cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü numunede 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.9, Şekil A.10, Şekil A.11, Şekil A.12’de meydana gelen bakteri üremeleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



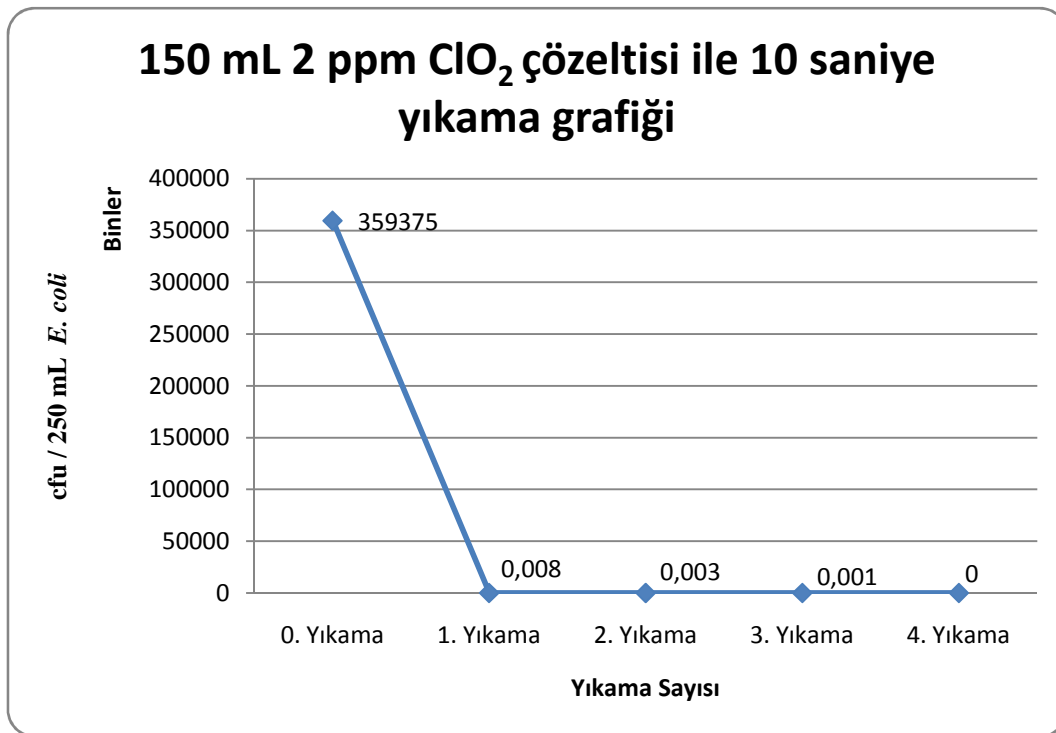
Şekil 4.5. 150 mL 1 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



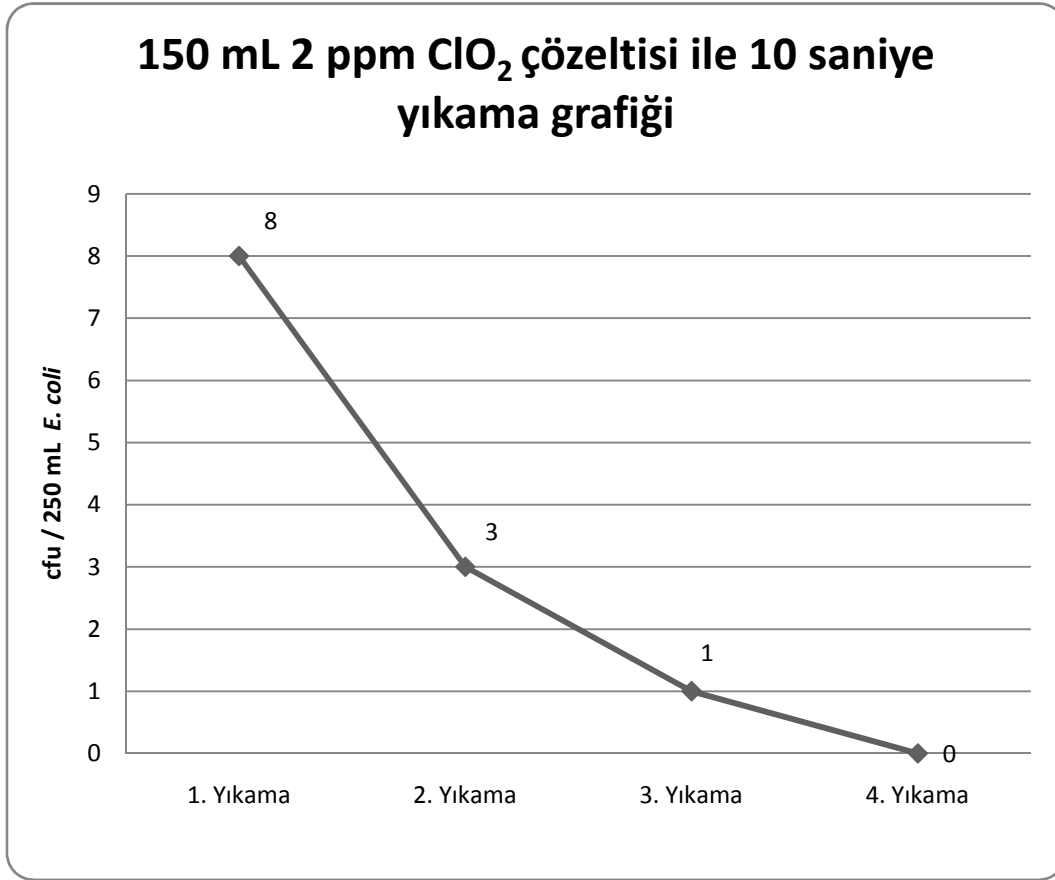
Şekil 4.6. Pet kapların 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.1.4. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci numune 8 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci numune 2 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü numune 1 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü numune 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.13, Şekil A.14, Şekil A.15, Şekil A.16'da meydana gelen bakteri üremeleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



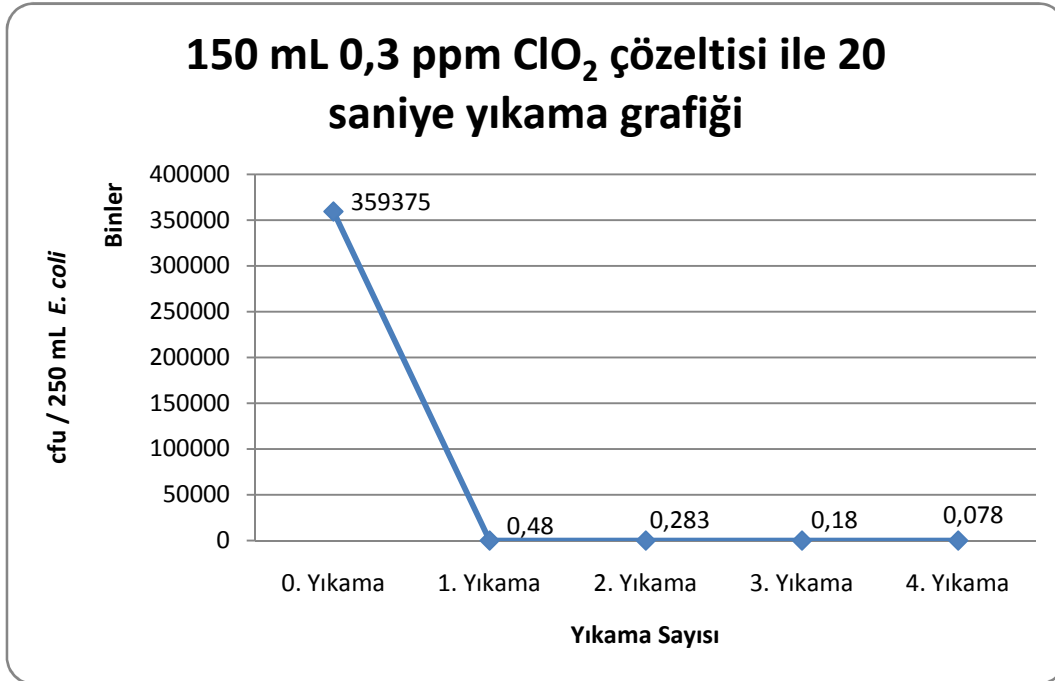
Şekil 4.7. 150 mL 2 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



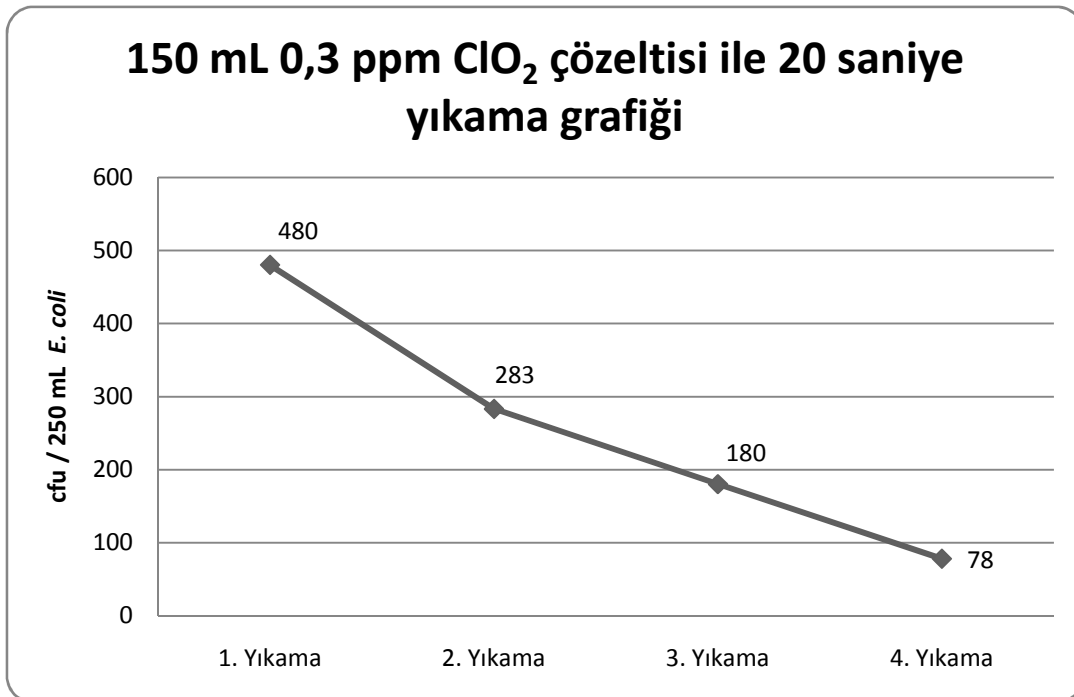
Şekil 4.8. Pet kapların 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.1.5.150 mL 0,3 mg/L klordioksit(ClO₂) ile 20 saniye yıkama sonuçları

Birinci numunede 480 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci numunede 283 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü numunede 180 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü numunede 78 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.17, Şekil A.18, Şekil A.19, Şekil A.20'de petri kap görünümleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



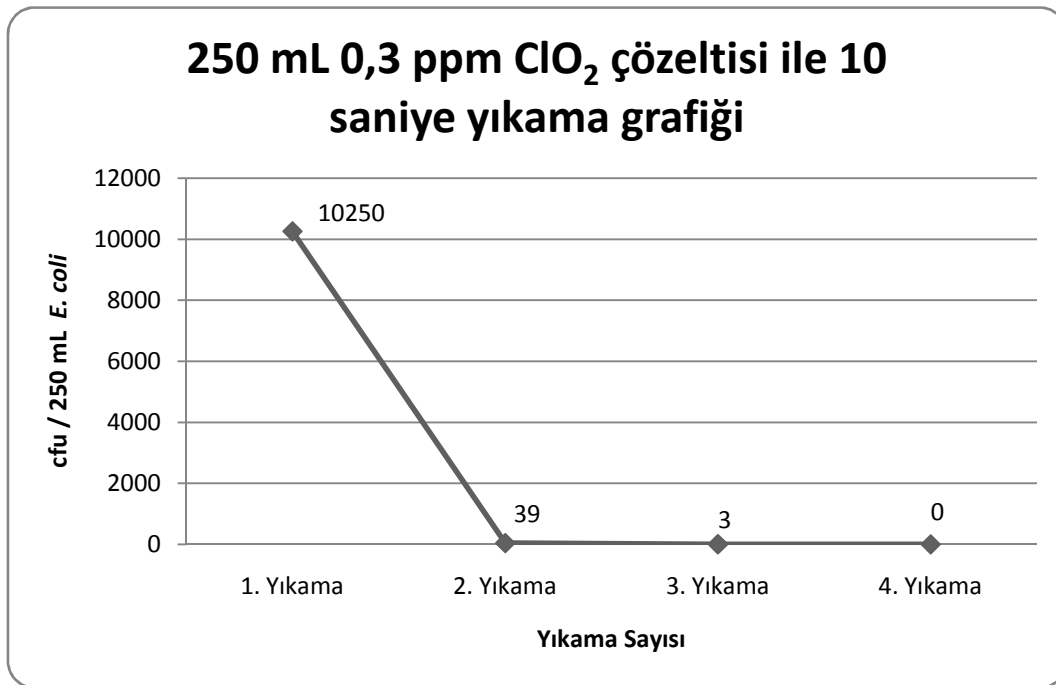
Şekil:4.9. 150 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 20 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



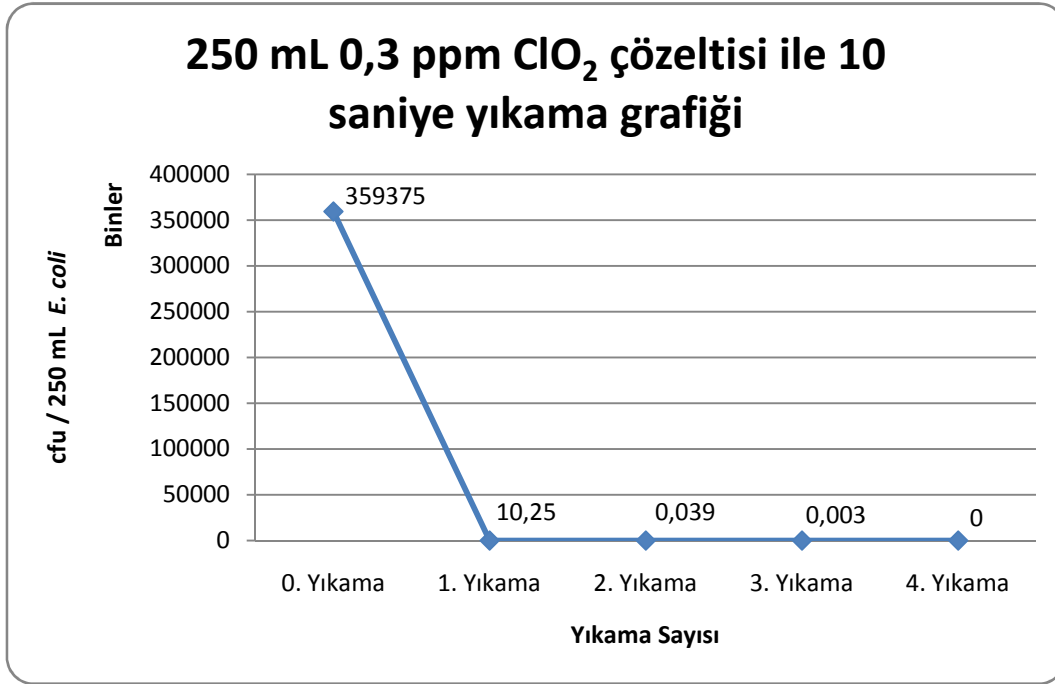
Şekil 4.10. Pet kapların 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 20 saniye yıkama grafiği

4.1.6. 250 mL 0,3 mg/L klordioksit(ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci numune tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu kap 250 numune seyredildikten sonra ekim yapıldığında 41 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci numune 39 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü numune 3 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü numune 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Ek Şekil A.21, Şekil A.22, Şekil A.23, Şekil A.24' de petri kap görüntüleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır



Şekil:4.11. Pet kapların 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

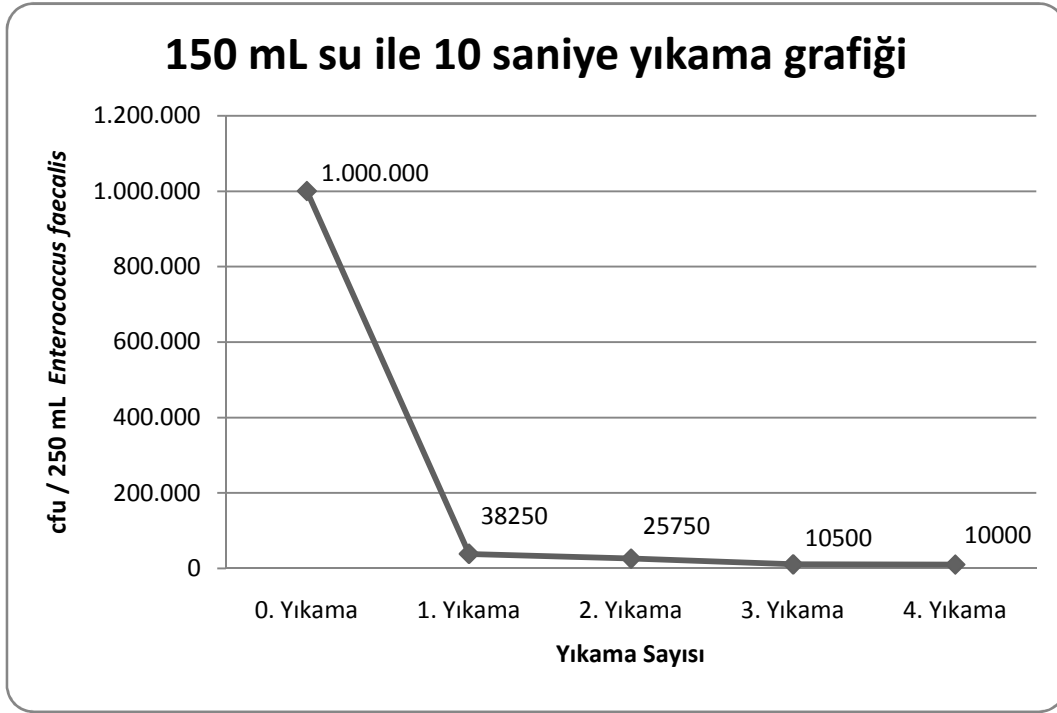


Şekil:4.12. 250 mL 0,3 mg/L klordioksit ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik

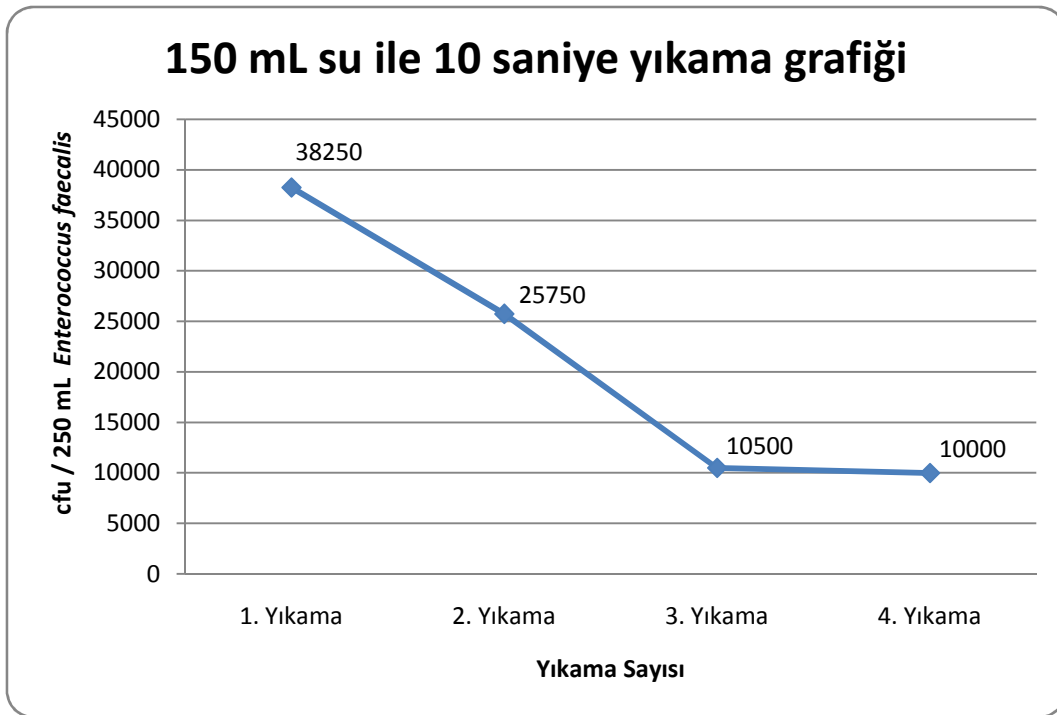
4.2. *Enterococcus faecalis*' in Klordioksitle Dezenfeksiyon Sonuçları

4.2.1. 150 mL Su ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci numunede tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu numunede 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 153 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci kap tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 103 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü kap tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 42 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü kap tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 40 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.25, Şekil A.26, Şekil A.27, Şekil A.28 'de petri kap görüntüleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır



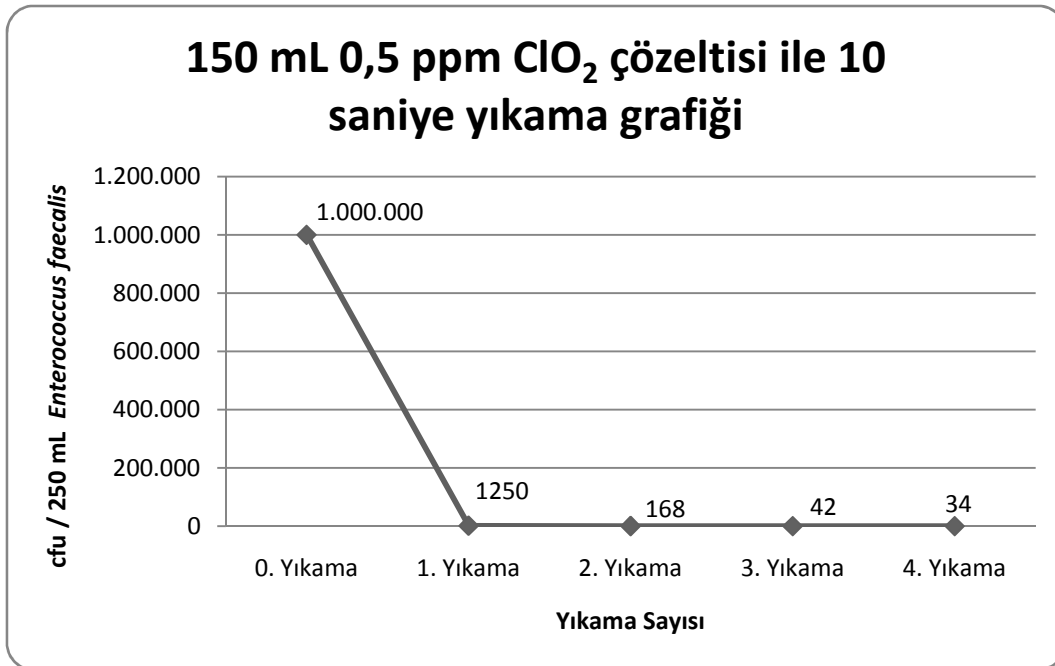
Şekil 4.13. 150 mL Su ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



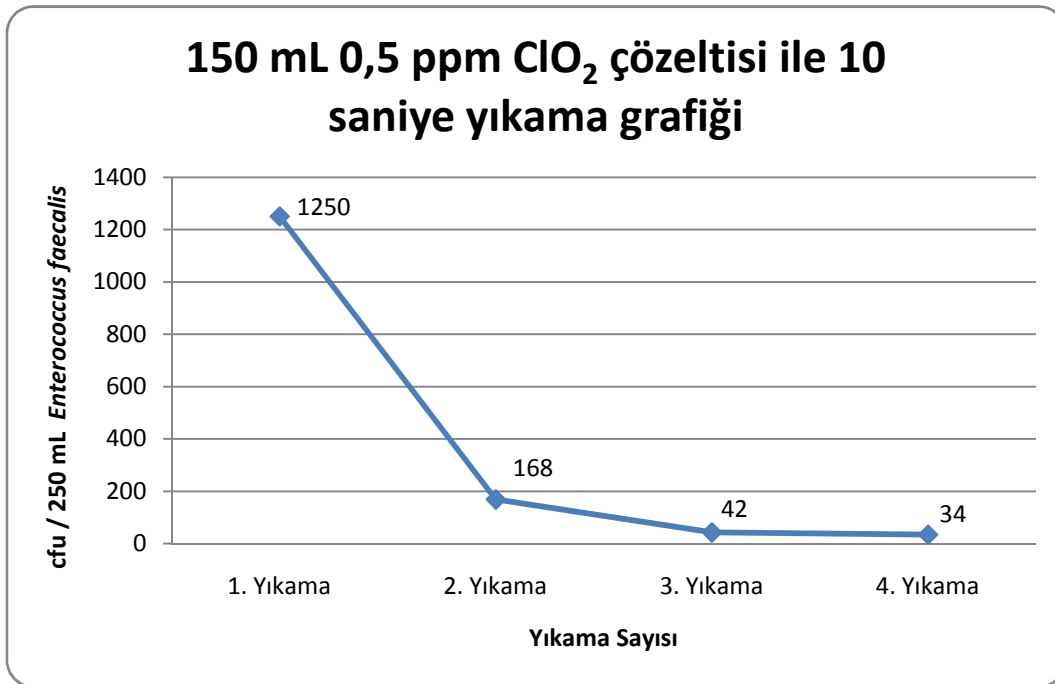
Şekil.4.14. Pet kapların 150 mL Su ile 10 saniye yıkama grafiği

4.2.2. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci kap tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 5 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci kap 168 cfu bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü kap 42 cfu/250mL bakteri sayılmıştır, Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü kap 34 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.29, Şekil A.30, Şekil A.31, Şekil A.32' de petri kap görüntüleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



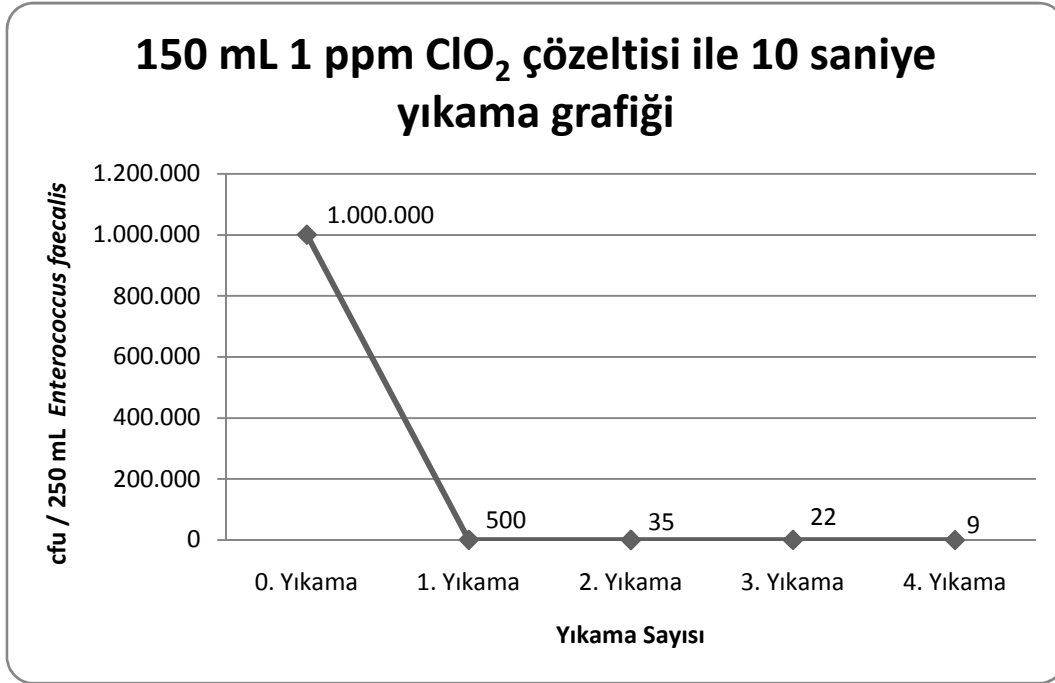
Şekil 4.15. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



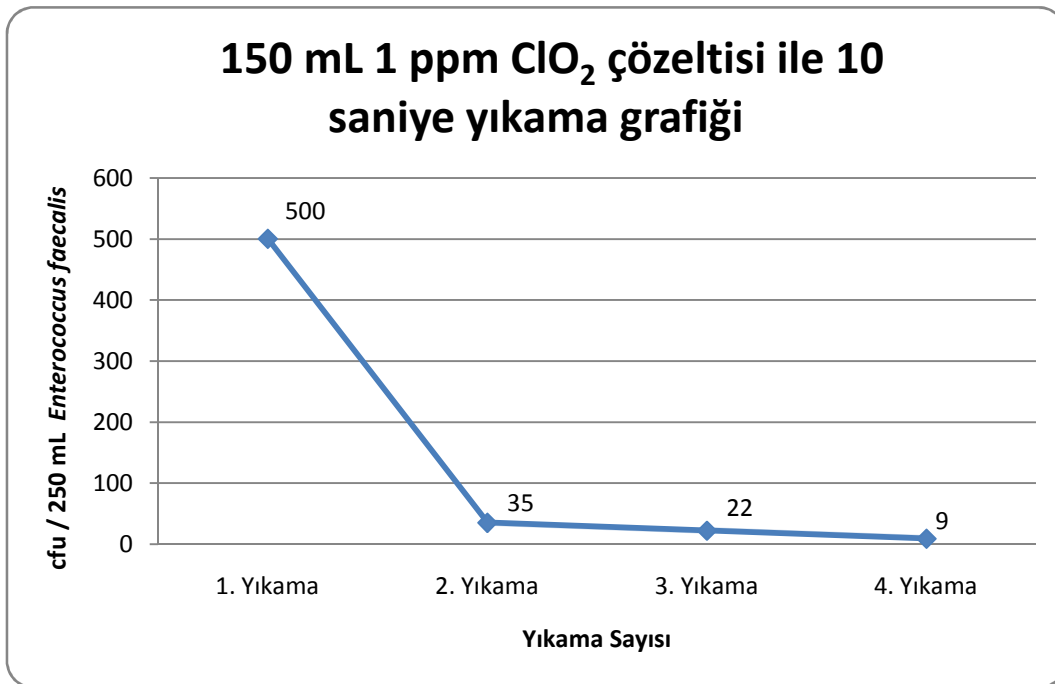
Şekil 4.16. Pet kapların 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.2.3. 150 mL 1mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci kap tabaka şeklinde bir görünüm göstermiştir. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 2 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci kap 35 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü kap 22 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü kap 9 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.33, Şekil A.34, Şekil A.35, Şekil A.36'de petri kap görünümleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



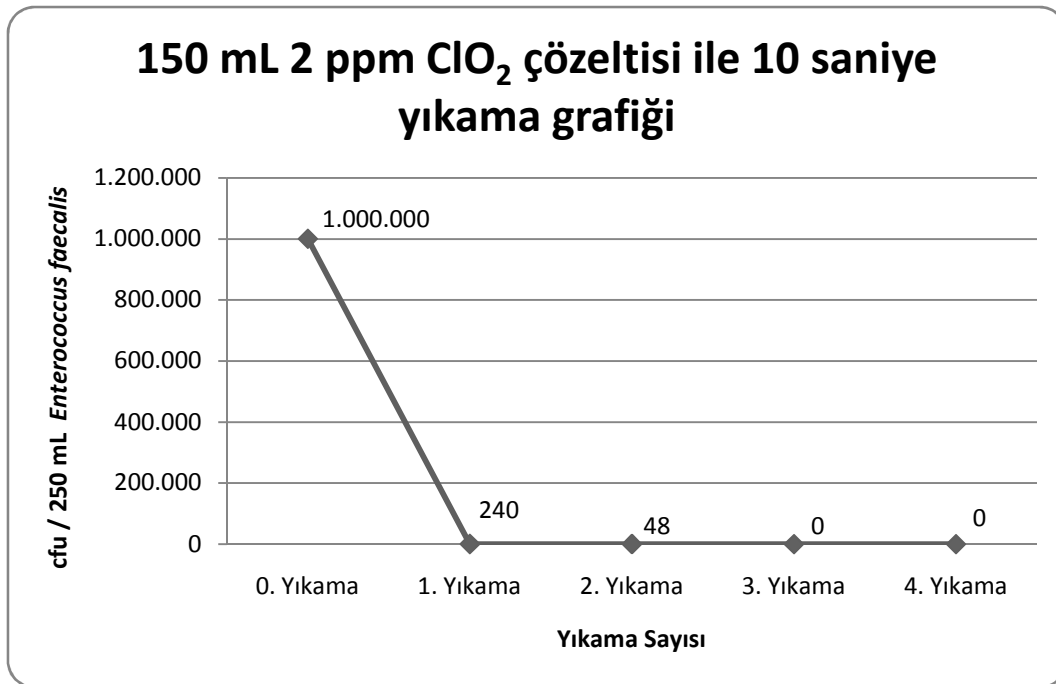
Şekil 4.17. 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



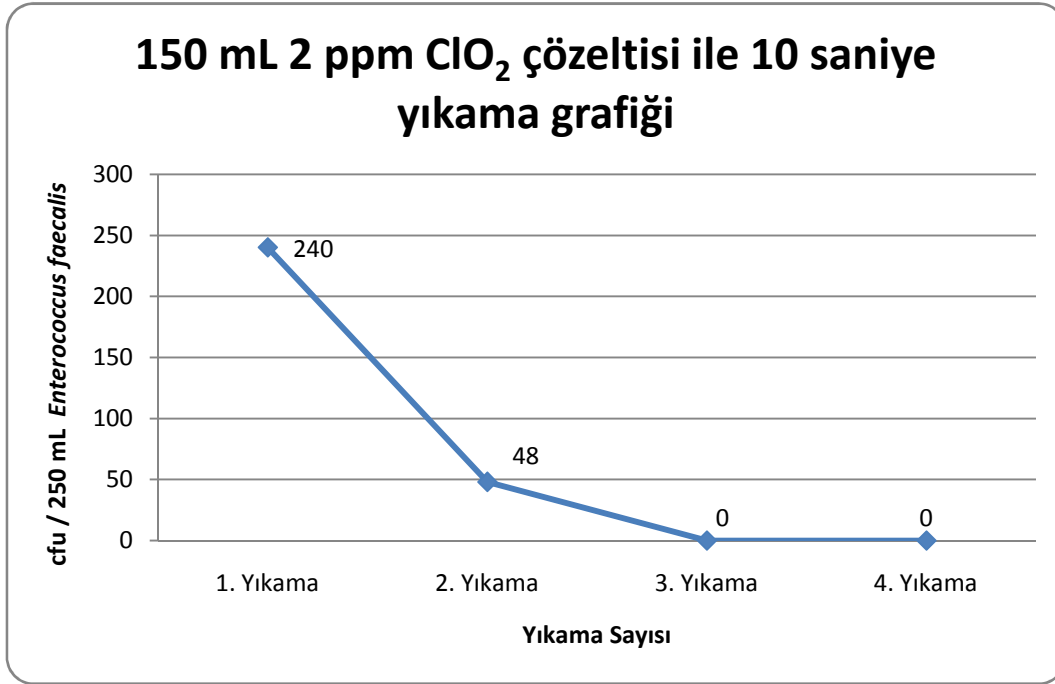
Şekil:4.18. Pet kapların 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.2.4. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci kap 240 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci kap 48 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü kap 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü kap 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.37, Şekil A.38, Şekil A.39, Şekil A.40' de petri kap görünümüleri verilmiştir Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



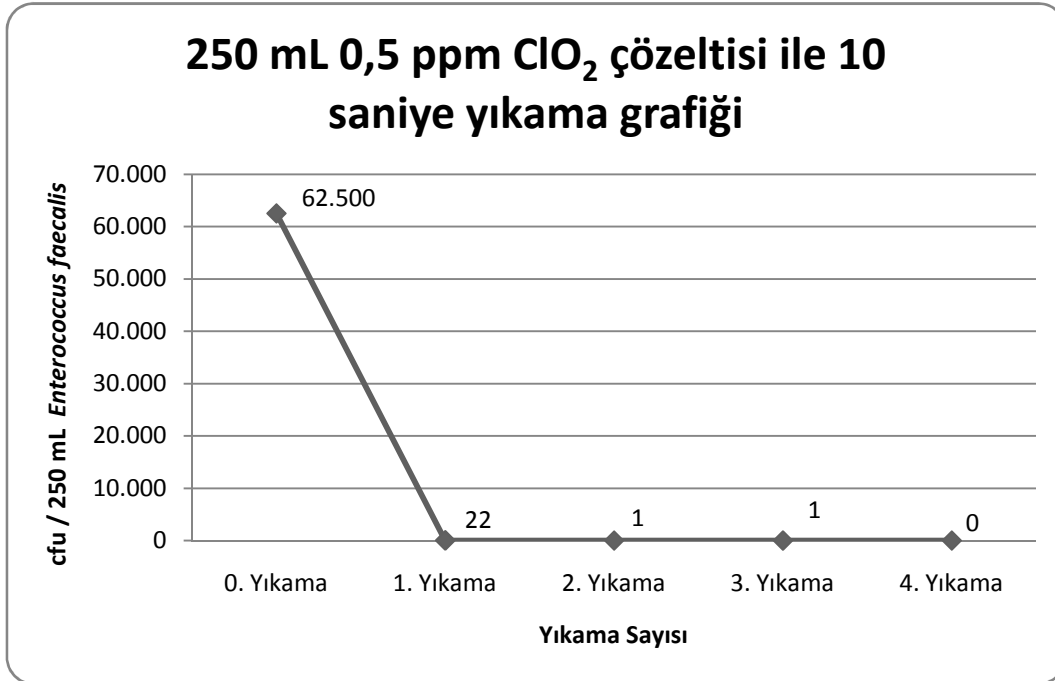
Şekil 4.19. 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



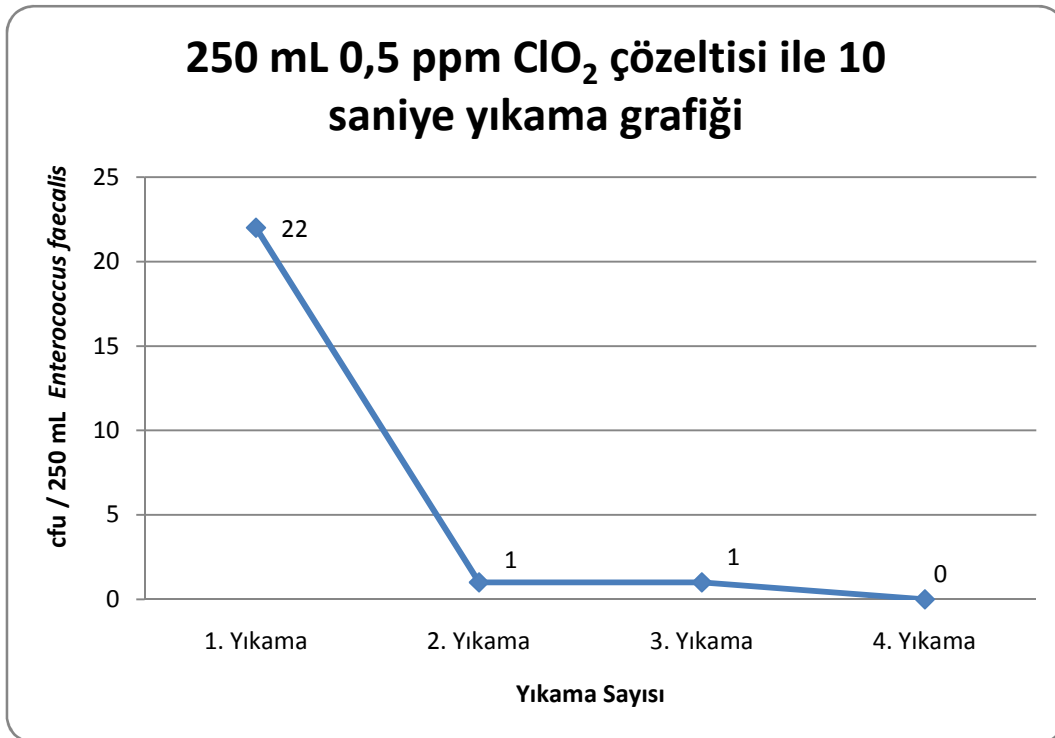
Şekil 4.20. Pet kapların 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.2.5. 250 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama sonuçları

Birinci kap 22 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 1 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci kap 1 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü kap 1 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü kap 0 cfu cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.41, Şekil A.42, Şekil A.43, Şekil A.44' de petri kap görüntüleri verilmiştir Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



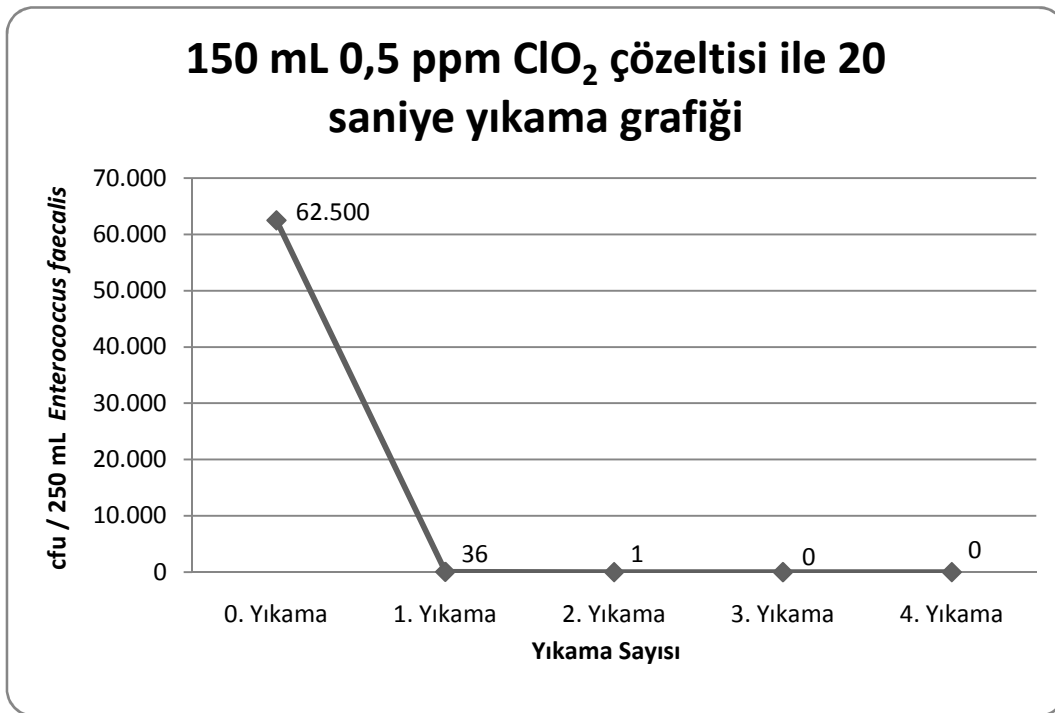
Şekil 4.21. 250 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik



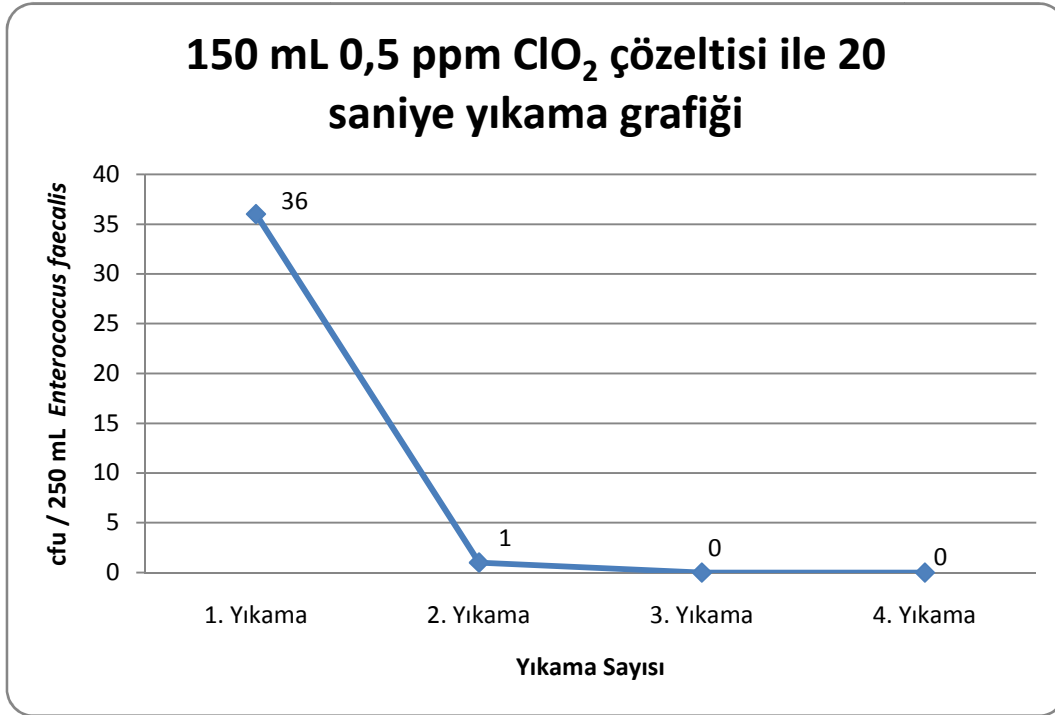
Şekil 4.22. Pet kapların 250 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 10 saniye yıkama grafiği

4.2.6. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 20 saniye yıkama sonuçları

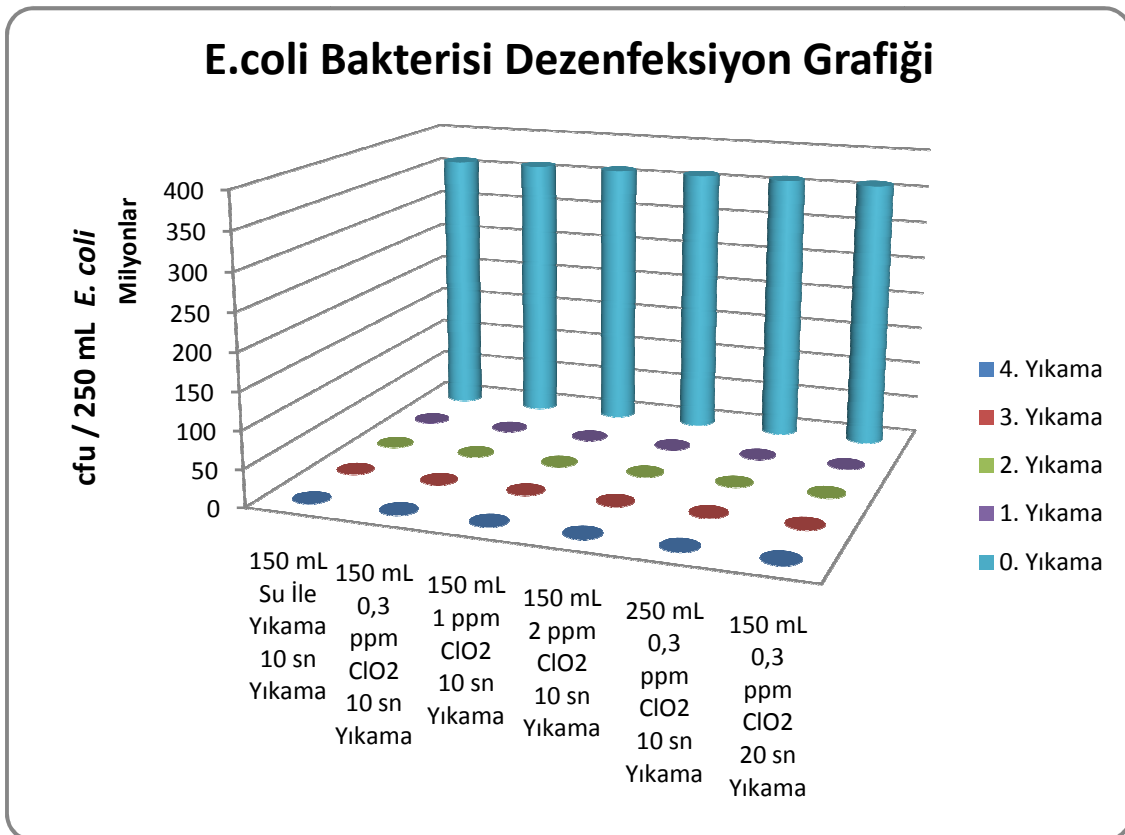
Birinci kap 36 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. İkinci kap 1 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Üçüncü kap 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Dördüncü kap 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Bu kap 250 kat seyredildikten sonra ekim yapıldığında 0 cfu/250mL bakteri sayılmıştır. Şekil A.45, Şekil A.46, Şekil A.47, Şekil A.48'de petri kap görüntüleri verilmiştir. Bu verilere dayanılarak bir grafik çizilmiştir. Bu işlemler 2 defa yapılarak kendi içinde doğrulanmıştır.



Şekil 4.23. 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 20 saniye yıkamanın başlangıç ve son durumunu gösteren grafik

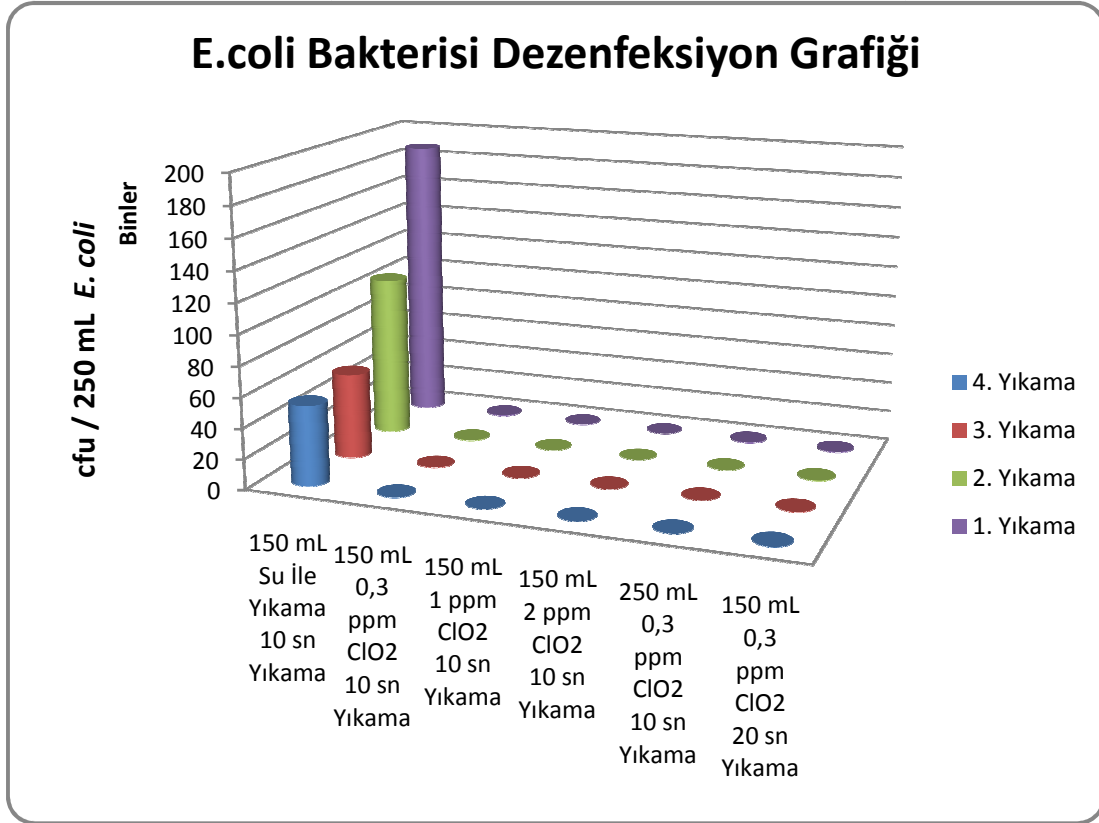


Şekil:4.24. Pet kapların 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO₂) ile 20 saniye yıkama grafiği



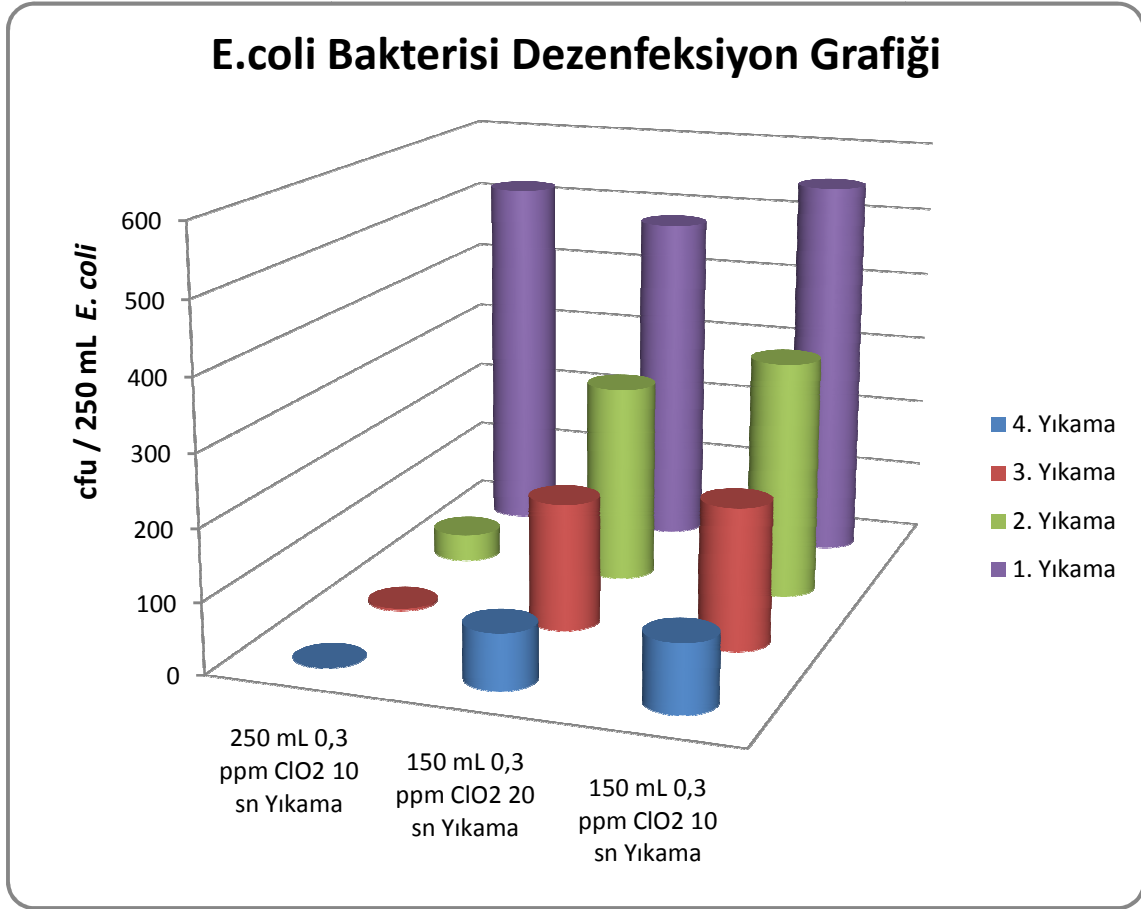
Şekil 4.25. *E. coli* bakterisi için dezenfeksiyon grafiği

Şekil:4.25 de *E. coli* bakterisinin başlangıçtaki sayısı ile, 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. coli* bakteri sayısını göstermektedir.



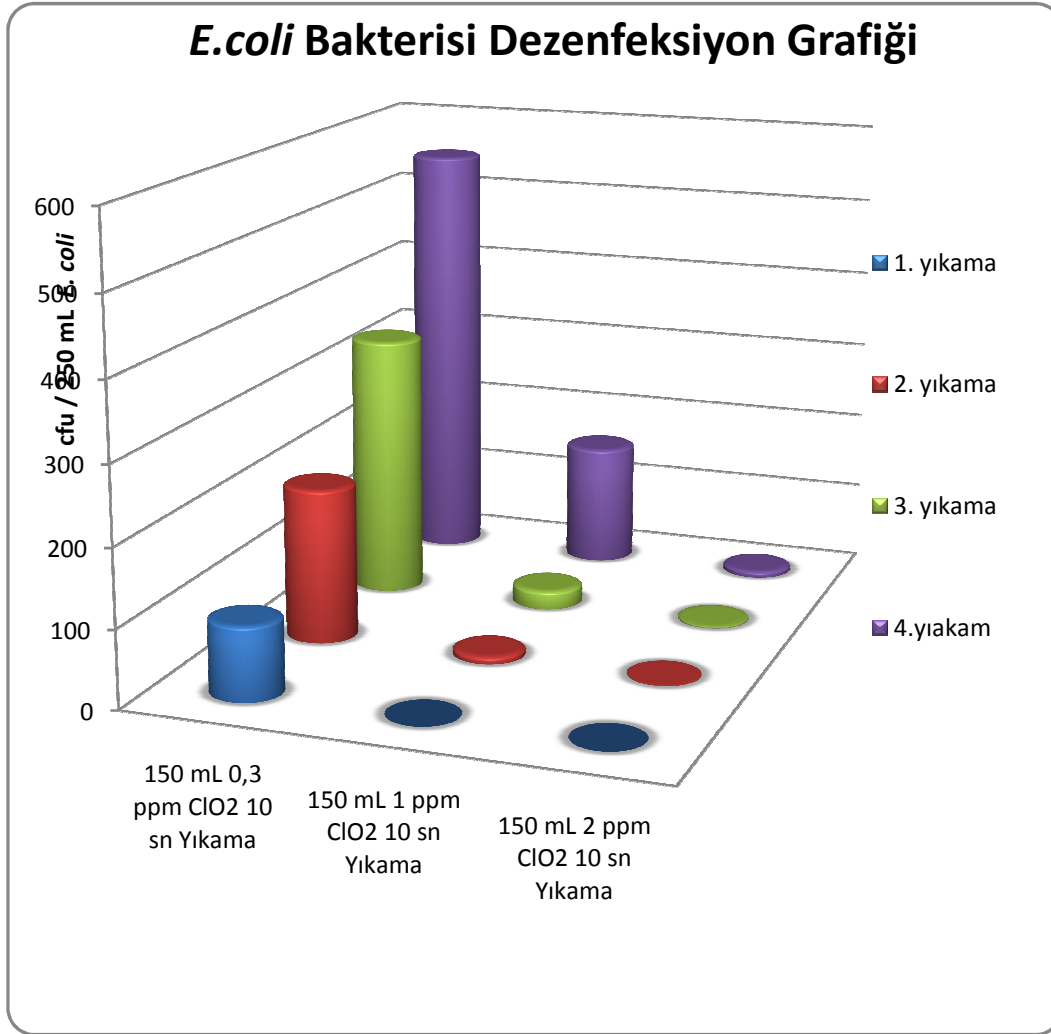
Şekil 4.26. *E. coli* bakteri için dezenfeksiyon grafiği

Şekil 4.26 da *E. coli* 150mL su ile 10 saniye, 0,3 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye , 1 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 2 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 0,3 ppm 250 mL klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 0,3 ppm 150 mL klordioksit çözeltisi ile 20 saniye, dezenfeksiyonun 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. coli* bakteri sayılarını göstermektedir.



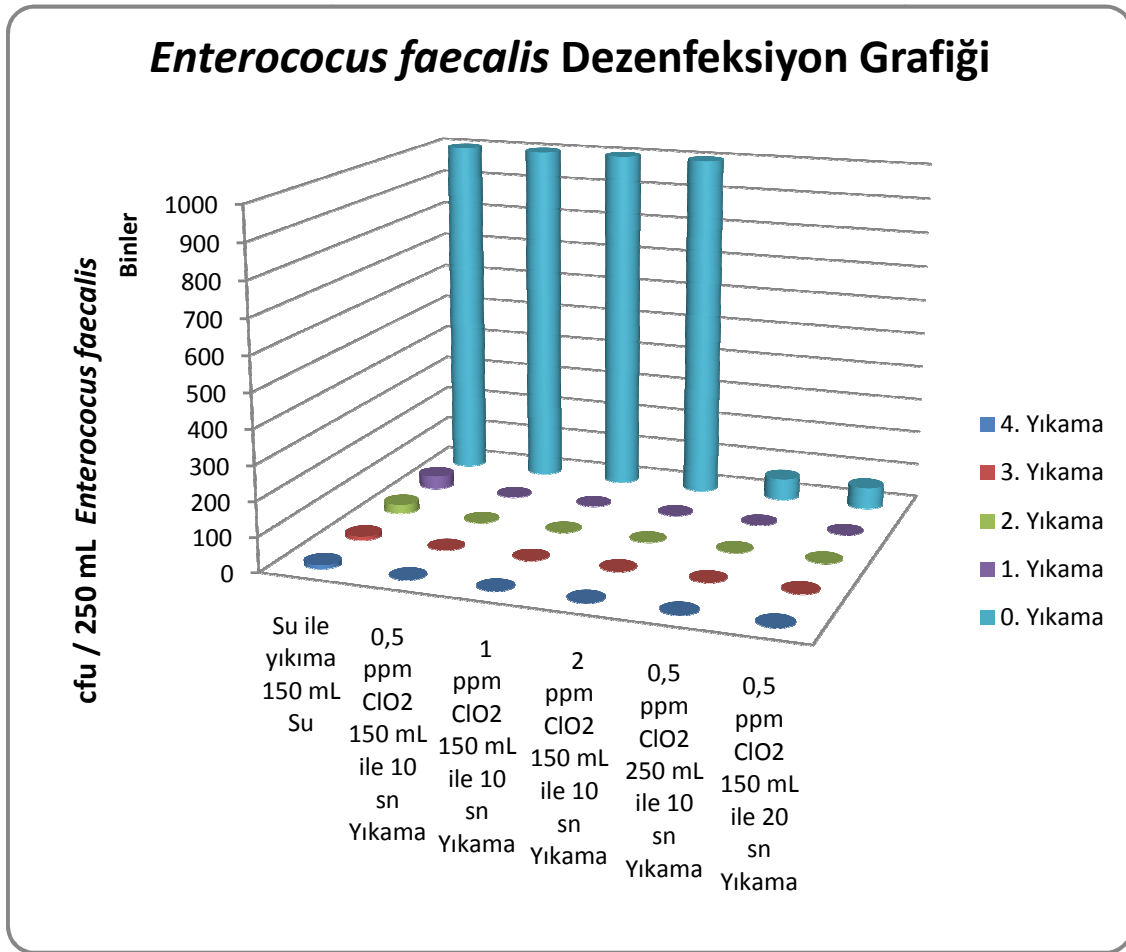
Şekil 4.27. *E. coli* bakterisi için dezenfeksiyon grafiği

Şekil 4.27 da *E. coli* bakterisinin, 0,3 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye , 0,3 ppm 250 mL klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 0,3 ppm 150 mL klordioksit çözeltisi ile 20 saniye, dezenfeksiyonun 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. coli* bakteri sayılarını göstermektedir.



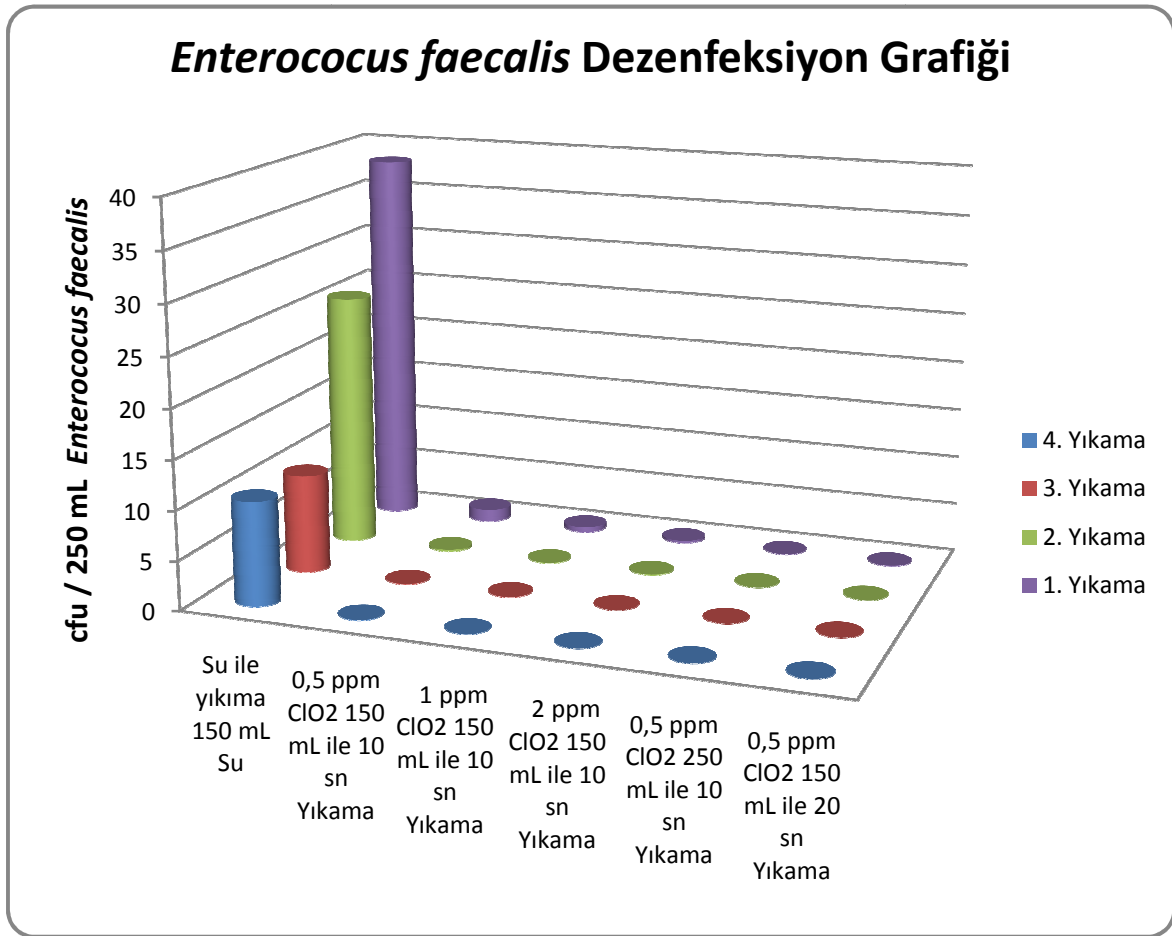
Şekil 4.28. *E. coli* bakterisinin dezenfeksiyon grafiği

Şekil 4.28 da *E. coli* bakterisinin, 0,3 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye , 1 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 2 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye dezenfeksiyonu ve 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. coli* bakteri sayılarını göstermektedir.



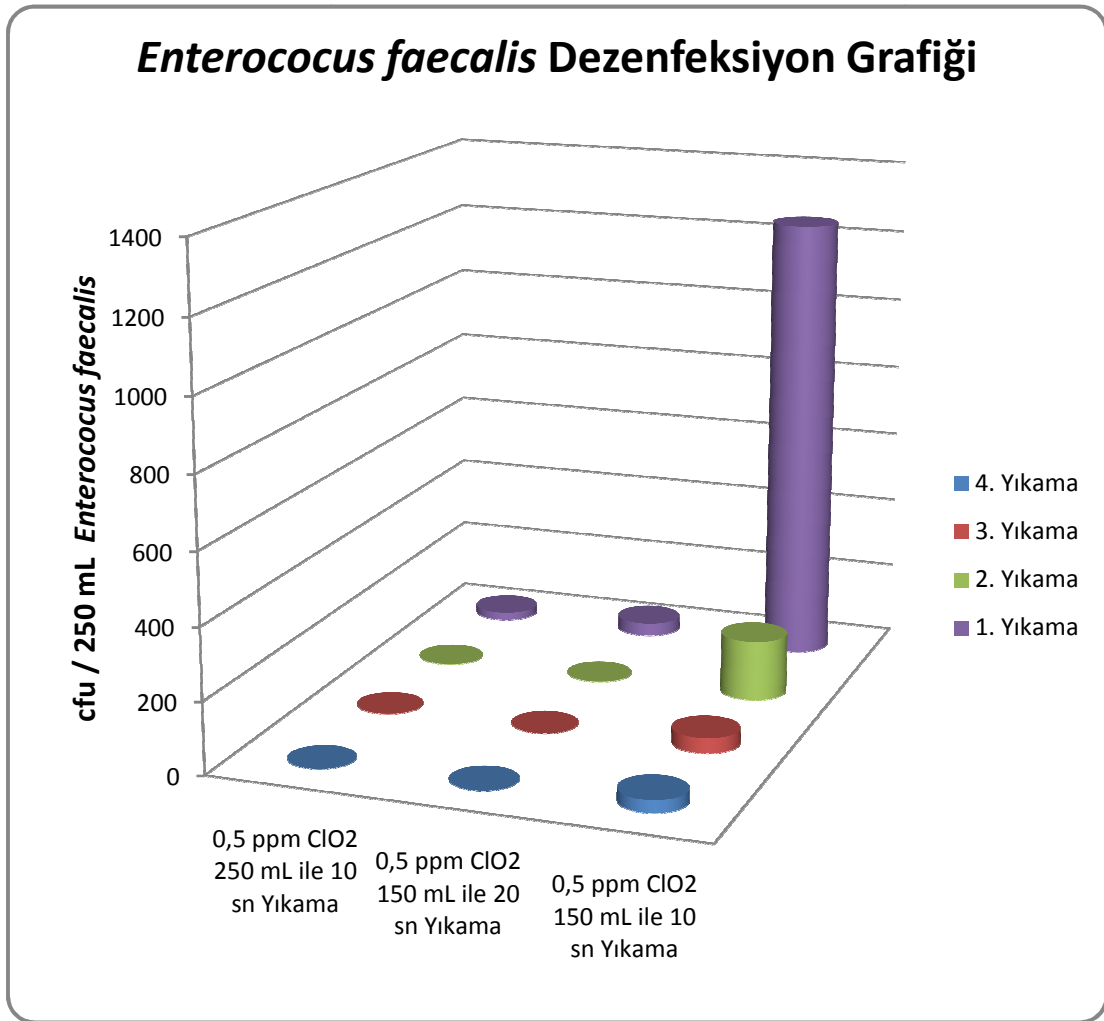
Şekil 4.29. *Enterococcus faecalis* bakterisi için genel görünümü

Şekil 4.29 de *E. faecalis* bakterisinin başlangıç sayıları ile, 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. faecalis* bakteri sayılarını göstermektedir.



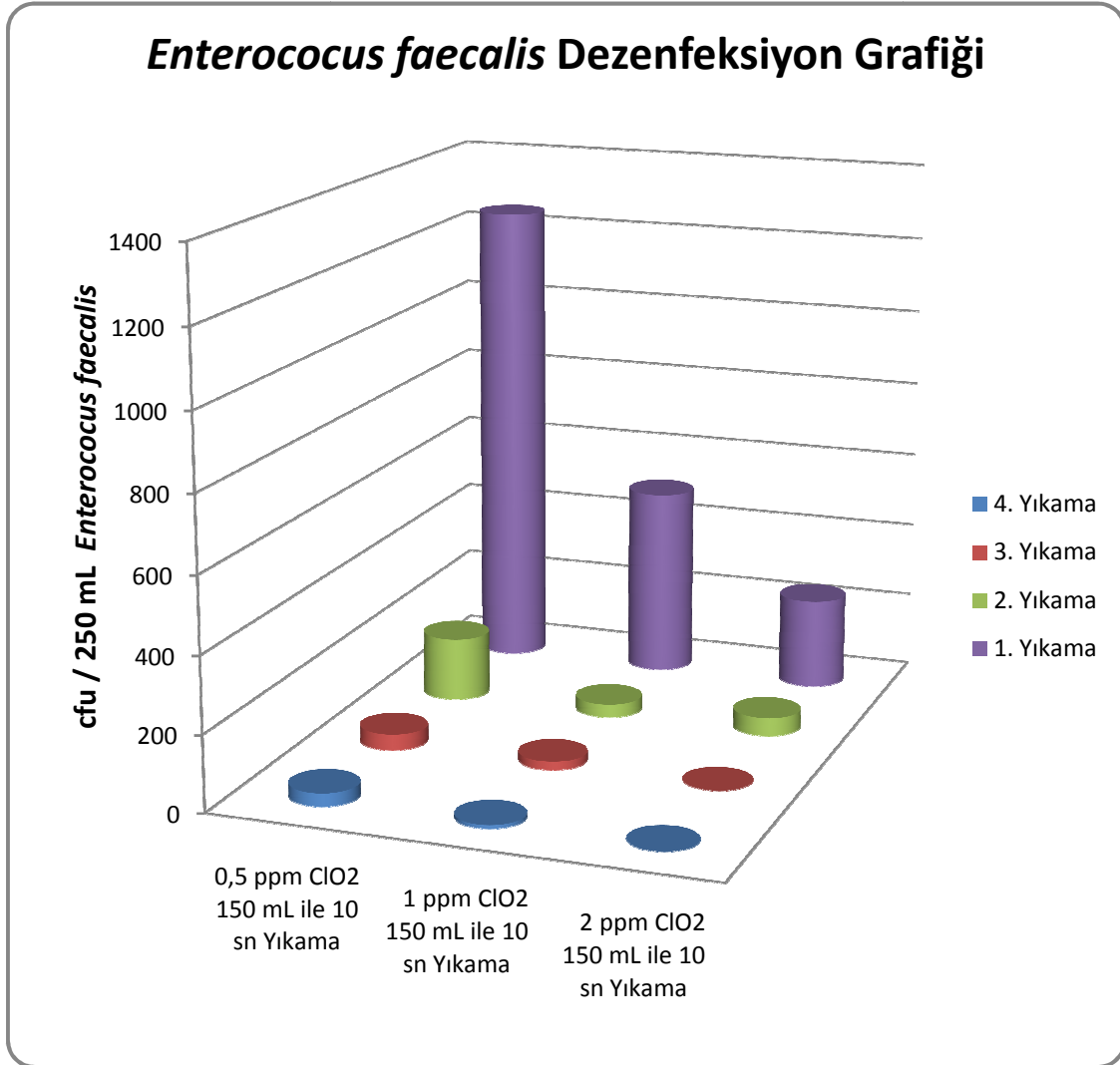
Şekil 4.30. *E. faecalis* için dezenfeksiyon grafiği

Şekil 4.30 da *E. faecalis* 150mL su ile 10 saniye, 0,5 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye , 1 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 2 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 0,5 ppm 250 mL klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 0,5 ppm 150 mL klordioksit çözeltisi ile 20 saniye, dezenfeksiyonun 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. faecalis* bakteri sayılarını göstermektedir.



Şekil 4.31. *E. faecalis* için dezenfeksiyon grafiği

Şekil 4.31 da *E. faecalis* bakterisinin, 0,5 ppm klordioksit çözeltilisi ile 10 saniye , 1 ppm klordioksit çözeltilisi ile 10 saniye, 2 ppm klordioksit çözeltilisi ile 10 saniye, 0,5 ppm 250 mL klordioksit çözeltilisi ile 10 saniye, 0,5 ppm 150 mL klordioksit çözeltilisi ile 20 saniye, dezenfeksiyonun 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. faecalis* bakteri sayılarını göstermektedir.



Şekil 4.32. *E. faecalis* için dezenfeksiyon grafiği

Şekil 4.32 da *E. faecalis* bakterisinin, 0,5 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye , 1 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, 2 ppm klordioksit çözeltisi ile 10 saniye, dezenfeksiyonun 1. yıkama, 2. yıkama, 3. yıkama, 4. yıkama sonuçlarındaki *E. faecalis* bakteri sayılarını göstermektedir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada klordioksitin bakteriler üzerinde öldürücü gücü denenmiştir. Klordioksit miktarı, yıkama çözeltisi hacmi, klordioksit etki zamanı ve bunların gradientleri yapılmıştır. Ayrıca burada stabil klordioksit çözelti hazırlanmış ve çalışmalar bu stabil klordioksit çözeltisi ile gerçekleştirilmiştir.

Bakteri ile kontamine edilen kapların ilk önce su ile yıkamaları yapılmıştır. Böylece, suyun bakterileri temizleme etkisine bakılmıştır. Su ile yıkamalarda bakteri sayısının belirli bir sayıya kadar düştüğü daha sonra sabitlendiği görülmüştür. Şekil 4.1 ve 4.2. de görüldüğü gibi kap içindeki bakterilerin bir kısmının su ile uzaklaştırıldığı ancak kabın içinde bakterilerin çoğunun kaldığı görülmüştür. Bu çalışmada kör deneme olarak yapılan su yıkaması ile klordioksitin suyla karşılaştırmalı olarak etkinliği gözlemlenmiştir.

150 mL 0,3 ppm klordioksit ile kaplar 10 ar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 360.000.000 *E. coli* cfu/250 mL adet iken ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 550 cfu/250 mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri miktarı 340 cfu/250 mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 200 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 95 cfu/250 mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. coli* bakterisi üzerindeki dezenfeksiyon etkisini göstermektedir. Şekil 4.3. ve 4.4 de grafikleri verilmiştir.

150 mL 1 ppm klordioksit ile kaplar 10 saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 360.000.000 cfu/250mL *E. coli* adet iken ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 158 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda

bakteri miktarı 24 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 9 cfu/250mL ye , dört defa yıkandığında bakteri sayısı 0 cfu/250mL a kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. coli* bakterisi üzerine dezenfeksiyonunu göstermektedir. Şekil 4.5. ve 4.6 de grafikleri verilmiştir.

150 mL 2 ppm klordioksit ile kaplar onar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görünmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 360.000.000 cfu/250mL *E. coli* adet iken ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 8 cfu/250mL yedüşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri miktarı 3 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 1 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 0 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. coli* bakterisi üzerine dezenfeksiyonunu göstermektedir. Şekil 4.7. ve 4.8 de grafikleri verilmiştir.

150 mL 0,3 ppm klordioksit ile kaplar 20 saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 360.000.000 cfu/250mL *E. coli* adet iken ilk 20 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 480 cfu/250mL ye düşerken, 20 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri miktarı 283 cfu/250mL ye , üç defa 20 saniye yıkandığında 180 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 780 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. coli* bakterisi üzerine dezenfeksiyonunu göstermektedir. Şekil 4.9. ve 4.10 de grafikleri verilmiştir.

250 mL 0,3 ppm klordioksit ile kaplar onar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görünmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 360.000.000 cfu/250mL *E. coli* adet iken ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 10250 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri miktarı 39 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 3 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 0 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. coli* bakterisi üzerine dezenfeksiyonunu göstermektedir. Şekil 4.11. ve 4.12 de grafikleri verilmiştir.

Bakteri ile kontamine edilen kapların ilk önce su ile olan dezenfeksiyonları yapılmıştır. Suyun bakterileri dezenfekte etme gücüne bakılmıştır. Su ile yıkamalarda bakterilerin belirli bir sayıya kadar azaldığı daha sonra sabitlendiği görülmüştür. Suyu yıkamalarda bakteri sayılarının belirli bir seviyede kaldığı görülmüştür. Şekil 4.13 ve 4.14. de görüldüğü gibi kap içindeki bakterilerin bir kısmının su ile uzaklaştırıldığı ama kabın içinde bakterilerin çoğunun kaldığı görülmüştür. Kör deneme olarak su denenmiştir. Bu çalışmada klordioksitin suya karşı etkinliği gözlemlenmiştir.

150 mL 0,5 ppm klordioksit ile kaplar 10'ar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 1.000.000 cfu/250mL *E. faecalis* adet iken, ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 1250 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri sayısı 168 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 42 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 34 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. faecalis* bakterisi üzerindeki dezenfeksiyonunu bariz şekilde göstermektedir. Şekil 4.15. ve 4.16 da grafikleri verilmiştir.

150 mL 1 ppm klordioksit ile kaplar 10'ar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 1.000.000 *E. faecalis* cfu/250mL adet iken, ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 500 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri sayısı 35 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 22 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 9 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. faecalis* bakterisi üzerindeki dezenfeksiyonunu göstermektedir. Şekil 4.17. ve 4.18 de grafikleri verilmiştir.

150 mL 2 ppm klordioksit ile kaplar 10'ar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 1.000.000 *E. faecalis* cfu/250mL adet iken ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 240 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri sayısı 48 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 0 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 0 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler

bize klordioksitin *E. faecalis* bakterisi üzerindeki dezenfeksiyonunu göstermektedir. Şekil 4.19. ve 4.20 de grafikleri verilmiştir.

250 mL 0,5 ppm klordioksit ile kaplar 10'ar saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 625.000 *E. faecalis* cfu/250mL adet iken ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 22 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri sayısı 1 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 1 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 0 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. faecalis* bakterisi üzerindeki dezenfeksiyonunu bariz şekilde göstermektedir. Şekil 4.21. ve 4.22 de grafikleri verilmiştir.

150 mL 0,5 ppm klordioksit ile kaplar 20'şer saniye yıkandığında, klordioksidin dezenfeksiyon etkisi görülmüştür. Dezenfekte edilecek kap içerisindeki bakteri sayısı yaklaşık 625.000 *E. faecalis* cfu/250mL adet iken, ilk 10 saniyelik yıkamada bu bakteri sayısı 36 cfu/250mL ye düşerken, 10 saniyelik iki defa yıkama sonunda bakteri sayısı 1 cfu/250mL ye , üç defa 10 saniye yıkandığında 0 cfu/250mL ye, dört defa yıkandığında bakteri sayısı 0 cfu/250mL ye kadar düşmüştür. Bu veriler bize klordioksitin *E. faecalis* bakterisi üzerindeki dezenfeksiyonunu bariz şekilde göstermektedir. Şekil 4.23. ve 4.24 da grafikleri verilmiştir.

E. coli dezenfeksiyonunda klordioksit miktarının, yıkama süresinin ve hacminin dezenfeksiyona olan etkisinin belirlenmesi için değişik konsantrasyonlarda (0,3 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm) klordioksit, farklı hacimlerde (150 mL, 250 mL) ve farklı zamanlarda (10 saniye ve 20 saniye) uygulanarak dezenfeksiyon etkinliği gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda, *E. coli* bakterisi için 0,3 ppm, 1 ppm, 2 ppm klordioksit çözeltilerinde 150 ml ve 10 ar saniye yapılan dezenfeksiyonda, klordioksitin *E. coli* bakterisi üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda klordioksit miktarı arttıkça dezenfeksiyon etkisinin arttığı görülmüştür. Ayrıca yıkama sayısı arttığında dezenfeksiyonun etkinliğinin arttığı görülmüştür.

Yine klordioksit için yıkama zamanının değişmesinin de dezenfeksiyon etkinliğini arttırdığı görülmüştür. Aynı zamanda klordioksit miktarının artmasının da yine dezenfeksiyon etkisini arttırdığı görülmüştür. 0,3 ppm de 10'ar saniye ve 20'şer saniye yıkama sonuçlarında bu durum görülmüştür.

E. faecalis bakterisi için 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm çözeltilerinde 150 ml ve 10'ar saniye yıkamalarda da klordioksidin dezenfeksiyon etkisi olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde klordioksidin *E. faecalis* bakterisi için dezenfektan görevi yaptığı görülmüştür.

E. coli bakterisi ve *E. faecalis* bakterisi için klordioksidin dezenfektan olarak kullanılabileceği ileri sürülebilir. Bakteriler arasında *E. faecalis* bakterisinin klordioksitde daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla değişik bakteriler için klordioksidin dezenfeksiyon etkisi araştırılmalıdır.

Klordioksitle dezenfeksiyonda, ne kadar düşük yoğunluklarda çalışılsa da, klordioksidin kalıntısının bakılması gerekebilir. Ayrıca klordioksidin polikarbonat yapılı damacanalara etkisi de çalışılabilir. Ayrıca klordioksit, klor bazlı dezenfektanlar ile aynı kefeye konulmamalıdır. Bununla birlikte klor kullanıldığında oluşan trihalometanlar, dioksinler ve haloasetikler gibi klorlanmış kanserojen yan ürünler, klordioksidin kullanımında oluşmazlar. Buda son yıllarda klordioksiti özellikle su dezenfeksiyonunda tercih edilen dezenfektan olarak öne çıkarmıştır.

İlave olarak, klordioksidin dezenfektan olarak kullanılmasının birçok avantajlar sağlayacağı da vurgulanmalıdır. Klordioksit 10-20 saniye gibi kısa bir zaman diliminde etkilidir ve bu zaman diliminde yüksek dezenfektan etkinliği göstermektedir. Geniş pH aralığı ile dezenfeksiyon sağlar. Kanserojen nitelikli kalıntı oluşumu yoktur. Düşük miktarları yeterli dezenfeksiyon sağlar.

150 mL 0,3 ppm klordioksitle 10 saniye yıkama ile 150 mL 0,3 ppm klordioksitle 20 saniye yıkama sonuçlarına göre yıkamanın dezenfeksiyona etkisini göstermektedir. Buna ilaveten 250 mL 0,3 ppm klordioksitle 10 saniyelik yıkama sonuçları dezenfeksiyonda etkinlik artışı göstermektedir. Dezenfeksiyon çözeltilisinin

miktarındaki artış etken madde miktarı artışı sebebiyle dezenfeksiyonun etkisi artmıştır. 150 mL 0,3ppm, 1ppm, 2 ppm 10 saniyelik klordioksit yıkamalarında etkin madde miktarı artışı dezenfeksiyonu etkinliğini göstermektedir.

Bu sonuçlar dikkate alındığında 1,5 lt lik ticari dolum su kaplarının 150 mL lik 1-2 ppm klordioksit aktif madde içerikli yıkama çözeltileri ile 10 saniyelik yıkamaların yeterli dezenfeksiyonu sağladığı belirlendi. Düşük miktarlarda su içerikli aktif madde miktarı yüksek yıkama çözeltilerinin, az atık çıkardığı prosesler olma nedeni ile çevre açısından tercih sebebi olması da söz konusudur.

Ayrıca geri dönüşümlü su kaplar için model olarak tasarlanan bu çalışma, saha uygulamaları için uygulanabilir. Geri dönüşümlü bu kapların düşünüldüğü bu uygulama, yapılacak çalışmaya göre genişletilerek uygulanabilir. Konu ile ilgili daha ileri çalışmalar tasarlanmaktadır. Bu çalışmalar, dezenfeksiyonun etkisi, ıslatıcı kimyasalların etkisi, dezenfeksiyonda geri dönüşümlü kapların etkilenme oranı olarak planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] STEFFAN, S.; BARDÍ, L.; MARZONA, M., Environ. Int., 2005, 31 (2) 201– 205.
- [2] Türk Standartları Enstitüsü, Sodyum Klorit- İçme ve Kullanma Sularının Arıtımında Kullanılan, TS EN 938, 30.01.2001.
- [3] EATON, A. D., GREENBERG, A. E., CLESCERL, S. L., RICE, E. W. , BAIRD, R. B., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater American Public Health Association, 20th edition, 486-537, 1999.
- [4] EPA, Chlorine Dioxide, EPA Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants, (1999).
- [5] FU Y., VİRARAGHAVAN T., Bioresour. Technol., 2001, 79 (3) 251– 262.
- [6] QIAN, Y., CHEN, Y., JIANG, Y., ZHAN, L. , A clean production process of sodium chlorite from sodium chlorate, Journal of Cleaner Production, 15, 920-926, 17.02.2004.
- [7]. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği, 2005, T.C. Sağlık Bakanlığı, Resmi Gazete, No:25730, ANKARA .
- [8] <http://www.ecodox.org/klor/1.>, Erişim Tarihi: 20.09.2012.
- [9] FRİTİZ, K., (2001). Process For Producing a Chlorine Dioxide. US 6,171,485, B1, United States Patent.
- [10] BASHA C.A., SWNDİHİL J., SELVAKUMAR K.V., MUNİSWARAN P.K.A., Woo Lee C., Desalination, 2012, 285, 188-197.
- [11] DOS SANTOS A. B., CERVANTES F. J., VAN LİER, J. B., Bioresour. Technol., 2007, 98 .
- [15] TANNER, R.S. 1989. Comparative testing and evaluation of hard surface disinfectants. Journal of industrial microbiology. 4:145-154.

- [16] PRINCE, D.L., PRINCE, H.N., THRAENHART, O., MUCHMORE, E., BONDER, E. and PUGH, J. 1993. Methodological approaches to disinfection of human hepatitis B virus. *Journal of Clinical Microbiology*. 31:3296-3304.
- [17] ROSELLE, S., GIOVANNA D.L., Control of *Pseudomonas* and *Stenotrophomonas maltophilia* contamination of microfiltered water dispensers with peracetic acid and hydrogen peroxide. *International Journal Of Food Microbiology*. 12-40126 Bologna, Italy.
- [18] CHANG C., HSIEH Y., HSU S., The formation of disinfection by-products in water treated with chlorine dioxide, Elsevier, 2000, 89-102.
- [19] Junly H., Li W., Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water, Pergamon, P(II) S0043-1354(96)00275-8., 1996.
- [21] VAID R., LINTON R.H., Comparison of inactivation of *Listeria monocytogenes* within a biofilm matrix using chlorine dioxide gas, aqueous chlorine dioxide and sodium hypochlorite treatments, *Food Microbiology* 27 (2010) 979-984., 2010.
- [22] SACCHETTI R., LUCA G.D., Control of *Pseudomonas aeruginosa* and *Stenotrophomonas maltophilia* contamination of microfiltered water dispensers with peracetic and hydrogen peroxide, *Food Microbiology* 132 (2009) 162-166., 2009.
- [23] APHA (American Public Health Association), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., AWWA-WPCF, Washington, DC, 1998.
- [24] HOEHN, R., DIETRICH, A., GALLANGHER, D., The effect of pre-disinfection with chlorine dioxide on the formation of haloacetic acids and trihalomethanes in a drinking water supply, *Journal of Cleaner Production*, 10, 206-212, 27.07.2001.
- [25] http://tr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli, Erişim Tarihi 01.05.2013

EKLER



Şekil A.1 150 mL su ile 10 saniye 1. yıkama



Şekil A.2 150 mL su ile 10 saniye 2. yıkama



Şekil A.3 150 mL su ile 10 saniye 3. yıkama



Şekil A.4 150 mL su ile 10 saniye 4. yıkama



Şekil A.5 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 1. yıkama



Şekil A.6 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 2. yıkama



Şekil A.7 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 3. yıkama



Şekil A.8 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 4. yıkama



Şekil A.9 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 1. yıkama



Şekil A.10 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 2. yıkama



Şekil A.11 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 3. yıkama



Şekil A.12 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 4. yıkama



Şekil A.13 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 1. yıkama



Şekil A.14 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 2. yıkama



Şekil A.11 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 3. yıkama



Şekil A.12 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 4. yıkama



Şekil A.17 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
20 saniye 1. yıkama



Şekil A.18 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
20 saniye 2. yıkama



Şekil A.19 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
20 saniye 3. yıkama



Şekil A.20 150 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
20 saniye 4. yıkama



Şekil A.21 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 1. yıkama



Şekil A.22 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 2. yıkama



Şekil A.23 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 1. yıkama



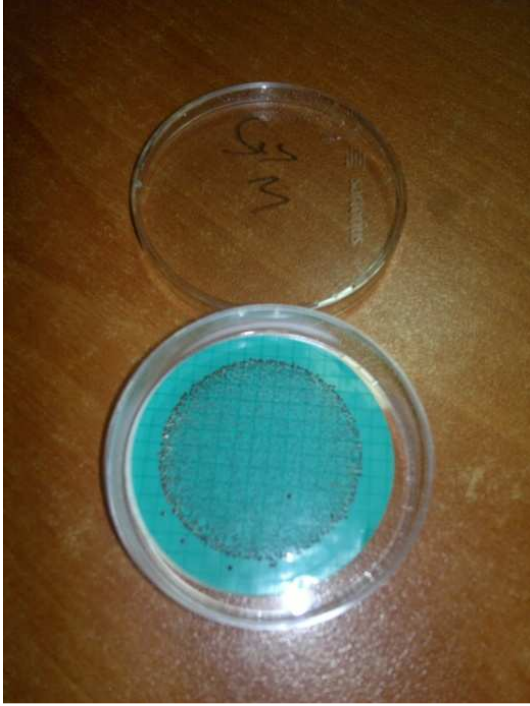
Şekil A.24 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 2. yıkama



Şekil A.25 150 mL su ile 10 saniye 1. yıkama



Şekil A.26 150 mL su ile 10 saniye 2. yıkama



Şekil A.27 150 mL su ile 10 saniye 3. yıkama



Şekil A.28 150 mL su ile 10 saniye 4. yıkama



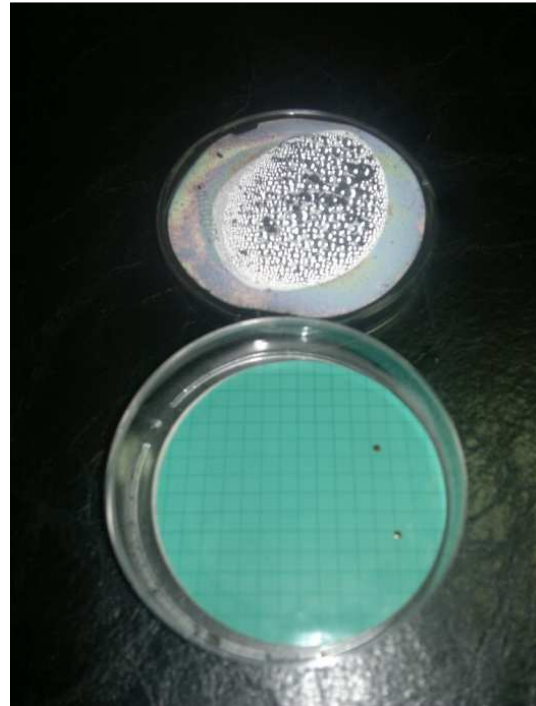
Şekil A.29 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 1. yıkama



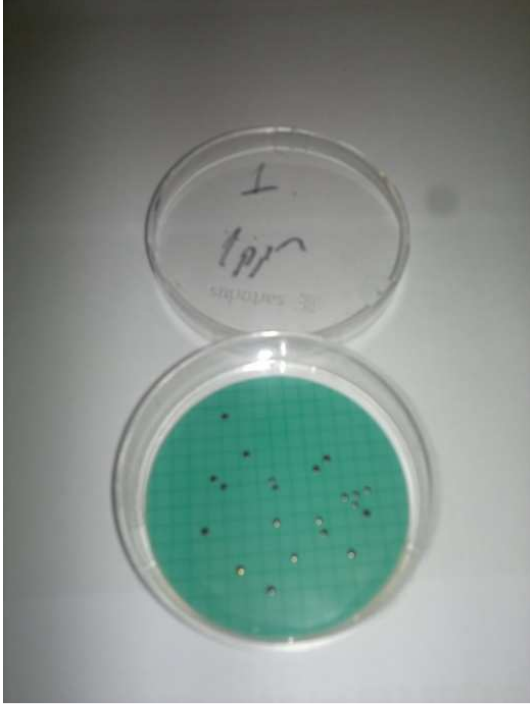
Şekil A.30 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 2. yıkama



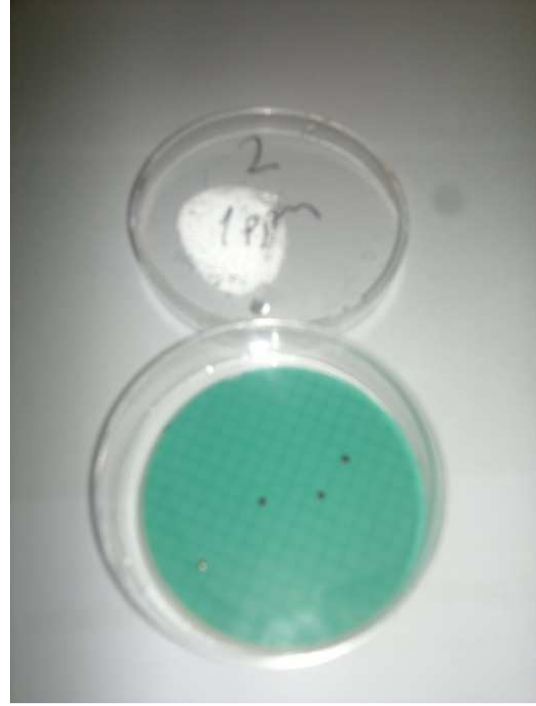
Şekil A.31 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 3. yıkama



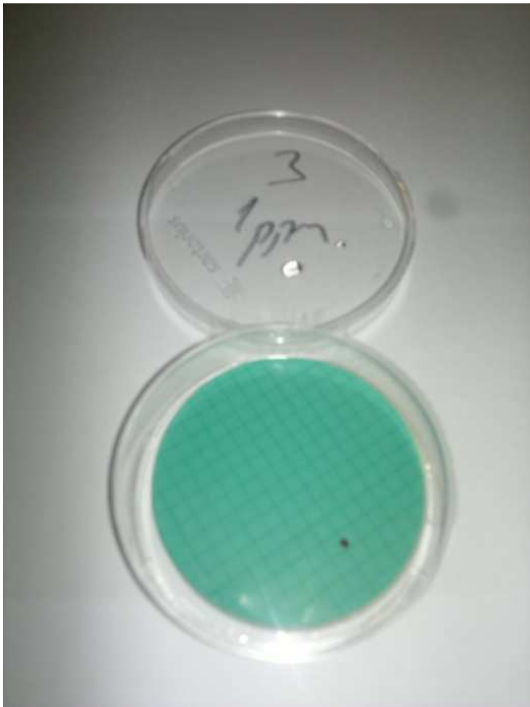
Şekil A.32 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 4. yıkama



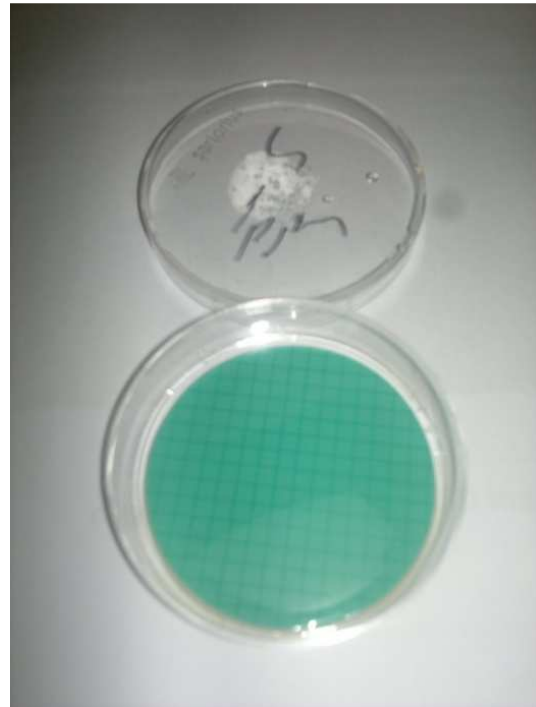
Şekil A.33 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 1. yıkama



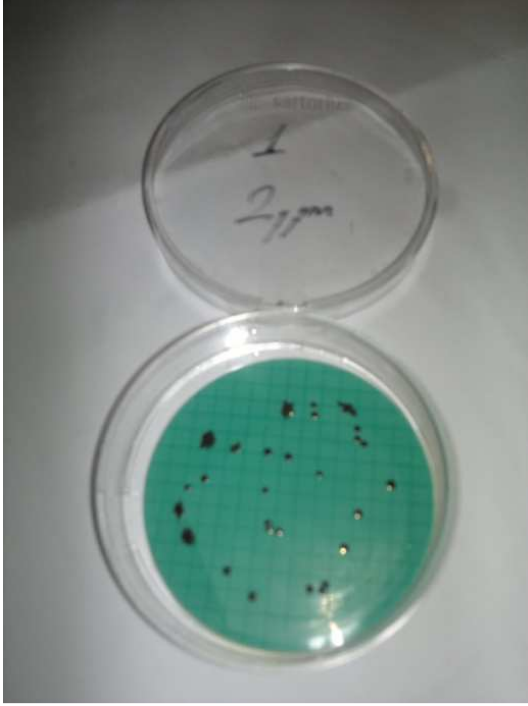
Şekil A.34 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 2. yıkama



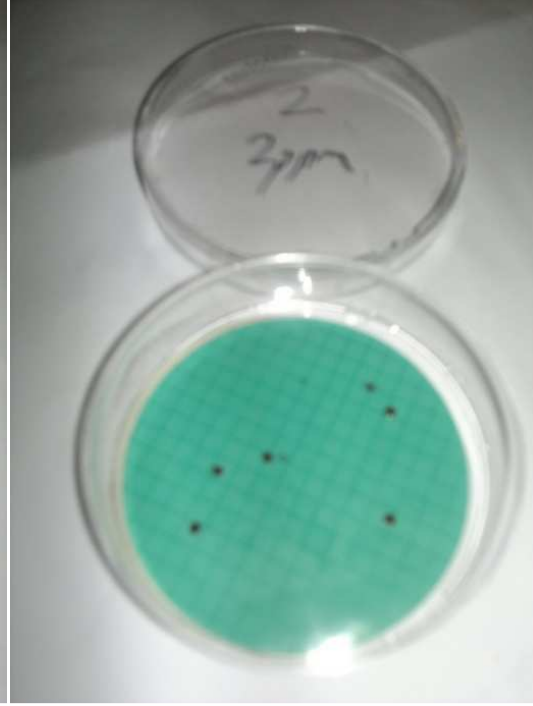
Şekil A.35 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 3. yıkama



Şekil A.36 150 mL 1 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 4. yıkama



Şekil A.37 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 1. yıkama



Şekil A.38 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 2. yıkama



Şekil A.39 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 3. yıkama



Şekil A.40 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile
10 saniye 4. yıkama



Şekil A.41 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 1. yıkama



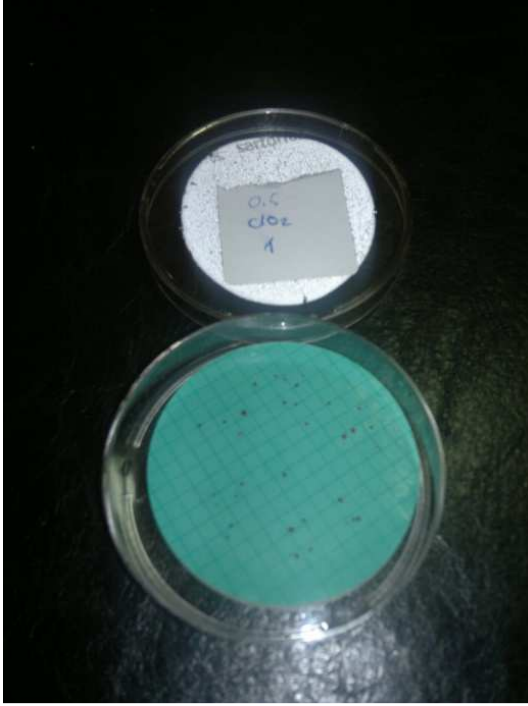
Şekil A.42 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 2. Yıkama



Şekil A.43 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 3. yıkama



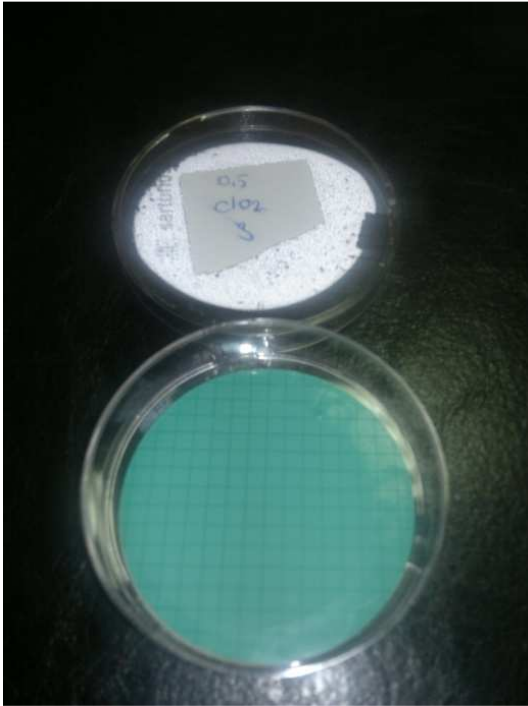
Şekil A.44 250 mL 0,3 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 10 saniye 4. yıkama



Şekil A.45 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 20 saniye 1. yıkama



Şekil A.46 150 mL 2 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 20 saniye 2. Yıkama



Şekil A.47 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 250 saniye 1. yıkama



Şekil A.48 150 mL 0,5 mg/L klordioksit (ClO_2) ile 20 saniye 2. Yıkama

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet BOLAT, 14.02.1985 de Tokat' da doğdu. İlk okulu Kocaeli ilinde orta okulu Sivas ilinde, lise eğitimini Sakarya Akyazı yabancı ağırlıklı lisede tamamladı. 2003 yılında başladığı Sakarya üniversitesi kimya bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2008 – 2013 yılları arasında Akdamla Su dağt. Paz. Ltd. Şti inde fabrika müdürü olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.