

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

139850

ULTRAVİYOLE İLE DEZENFEKSİYON SİSTEMLERİ

Biyolog Meltem GİRDAP TELLİ

139850

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Süleyman ŞAKAR

Dr. Dr. Atilla Akbayrak
Yrd. Doç. Dr. Lezgüven ŞAKAR
Prof. Dr. Feriuh ERTÜRK

İSTANBUL, 2003

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı	2
2. DEZENFEKSİYON.....	3
2.1 Giriş	3
2.2 İçme Sularının Dezenfekte Edilmesinin Önemi	3
2.3 Dezenfeksiyon Yöntemleri	4
2.3.1 Fiziksel Dezenfeksiyon Yöntemleri.....	4
2.3.1.1 Isı ile Dezenfeksiyon	5
2.3.1.2 İyonize Eden Işınlarla Dezenfeksiyon	5
2.3.1.3 Mekanik Olarak Yapılan Dezenfeksiyon.....	5
2.3.2 Kimyasal Dezenfeksiyon Yöntemleri.....	5
2.3.2.1 Ozon ile Dezenfeksiyon.....	6
2.3.2.2 Klor ile Dezenfeksiyon	7
3. İÇME SUYUNDA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER.....	8
3.1 İçilebilir Suyun Özellikleri	8
3.2 Yüzeyel Su Kaynaklarında Alg Kirlenmesi.....	9
3.2.1 Yüzeyel Su Kaynaklarında Algler	9
3.2.1.1 Alglerin Özellikleri	10
3.3 İçme Suyunda Koku ve Tat problemi	14
3.4 Koku ve Tat Çemberi.....	17
3.4.1 Toprak ve Küf Kokusu	18
3.4.2 Klor ve Ozon Kokusu	18
3.4.3 Rayiha, Hoş Kokular.....	19
3.4.4 Tıbbi Kokular.....	19
3.4.5 Çayır, Saman, Ağaç Kokusu.....	19
3.4.6 Bayat Balık Kokusu	20
3.4.7 Bataklık Kokusu, Septik Kokular, Kükürt Kokusu	20
3.5 Tat ve Koku Problemini Gidermede Kullanılan Mevcut Yöntemler.....	20

3.5.1	İçme Sularının Oksitlenmesinde Kullanılan Mevcut Yöntemler.....	21
3.5.1.1	Serbest Klor ve Kloraminler	21
3.5.1.2	Klordioksit	21
3.5.1.3	Ozon ve İleri Oksidasyon Prosesleri.....	22
3.5.1.4	Potasyum Permanganat.....	22
3.5.2	Adsorbsiyon	22
3.5.3	Biyolojik Tasviye.....	23
3.5.4	Membranlar	23
3.5.5	Nitrifikasyon Kontrolü.....	23
3.6	Alglerin Besi Elementlerinin Kontrolü.....	23
4.	ULTRAVİOLE İLE DEZENFEKSİYON SİSTEMLERİ	25
4.1	Ultraviyolenin Bulunuşu.....	25
4.2	Ultraviyole Radyasyonu	25
4.3	Ultraviyole Radyasyonunun Kaynağı.....	27
4.4	Ultraviyole Dezenfeksiyonunda Kullanılan Ekipmanlar	29
4.4.1	Ultraviyole Lambası	29
4.4.2	Quartz Cam Kılıf	30
4.4.3	Ultraviyole Cihaz Gövdesi.....	30
4.5	Ultraviyole ile Dezenfeksiyonun Etki Mekanizması	31
4.6	Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Uygulamaları	35
4.7	Ultraviyole ile Mikroorganizma Etkileşimi.....	39
4.8	Bulanıklık ve Ultraviyole Etkileşimi	40
4.9	Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Sisteminin Kullanıldığı Yerler.....	43
4.10	Ultraviyolenin Türkiye'deki Kullanımı.....	43
5.	DEZENFEKSİYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	44
5.1	Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Sisteminin Kimyasal Dezenfektanlarla Karşılaştırılması	44
6.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	49
6.1	Giriş	49
6.2	Kullanılan Yöntem ve Teknikler	49
6.2.1	Deneyde Kullanılan Numune.....	49
6.2.2	Deney Düzeneği.....	53
6.3	Deneyin Yapılışı	55
6.4	Deney Sonuçları.....	56
6.4.1	Renk Değerleri.....	56
6.4.2	Bulanıklık Değerleri	64
6.4.3	Klorofil-a Deney Sonuçları.....	71
7.	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	80
	KAYNAKLAR	83
	ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGE LİSTESİ

A	Adenin
C	Sitozin
°C	Santigrat derece
G	Guanin
l	Litre
mg	Miligram
nm	Nanometre
sn	Saniye
T	Timin
μw	Mikrowatt



KISALTMA LİSTESİ

AKM	Askıda Katı Madde
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EPA	Environmental Protection Agency
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
OTC	Odor Threshold Concentration (Koku Eşik Konsantrasyonu)
RNA	Ribo Nükleik Asit
TS	Türk Standartları
US	United States (Birleşik Devletler)
UV	Ultraviyole
WHO	Water Health Organisation (Dünya Sağlık Örgütü)



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Mavi-yeşil alg yapısı.....	1
Şekil 3.2 Bir Euglena hücresinin genel yapısı	2
Şekil 3.3 Tek hücreli bir Alg'in yapısı.....	13
Şekil 3.4 Diatomae hücresi	14
Şekil 3.5 Koku tat çemberi.....	15
Şekil 4.1 Işık spektrumu.....	26
Şekil 4.2 Örnek UV lambaları.....	29
Şekil 4.3 Fused silica'nın geçirgenliğinin ışık dalga boyu ile bağıntısı.....	30
Şekil 4.4 UV cihazı gövde örneği	31
Şekil 4.5 UV cihazı gövde yapısı.....	31
Şekil 4.6 Sarmal DNA yapısı kırılmış bir bakteri.....	32
Şekil 4.7 UV ışımaya maruz kalmadan önce bakteri DNA sarmalı	33
Şekil 4.8 UV ışımaya maruz kalan bakteri DNA sarmalı	33
Şekil 4.9 UV'nin Scenedesmus obliquus ve Microcystis aeruginosa üzerine etkileri (A-C normal, B-D UV sonrası ayrılmış koloniler).	41
Şekil 6.1 Phacus sp., Stigeoclonium sp. ve Volvox sp türlerinin morfolojisi.....	50
Şekil 6.2 Annabaena sp, Anacystis sp, ve Eudorina sp türlerinin morfolojisi.....	51
Şekil 6.3 Tabelaria sp, Euglena sp, Mougeotia sp, Cladophora sp, türlerinin Morfolojisi	52
Şekil 6.4 Deneylerde kullanılan UV cihazı.....	53
Şekil 6.5 Deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	54
Şekil 6.6 Deney düzeneğinin fotoğrafı	54
Şekil 6.7 Numunelerin muhafaza edildiği ortamdan bir görüntü.....	56
Şekil 6.8 40 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki	59
Şekil 6.9 50 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki	59
Şekil 6.10 60 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki	60
Şekil 6.11 90 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki	60
Şekil 6.12 120 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki	61
Şekil 6.13 240 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki	61
Şekil 6.14 Ultraviyole ile temas süresi ve renk değişimi arasındaki ilişki	63
Şekil 6.15 40 sn UV ışınması ve bulanıklık arasındaki ilişki	66
Şekil 6.16 50 sn UV ışınması ve bulanıklık arasındaki ilişki	66
Şekil 6.17 60 sn UV ışınması ve bulanıklık arasındaki ilişki	67
Şekil 6.18 90 sn UV ışınması ve bulanıklık arasındaki ilişki	67
Şekil 6.19 120 sn UV ışınması ve bulanıklık arasındaki ilişki	68
Şekil 6.20 240 sn UV ışınması ve bulanıklık arasındaki ilişki	68
Şekil 6.21 Bulanıklık ve temas süresi arasındaki karşılaştırma.....	70
Şekil 6.22 40 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması	74
Şekil 6.23 50 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması	74
Şekil 6.24 60 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması	75
Şekil 6.25 90 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması	75
Şekil 6.26 120 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması	76
Şekil 6.27 240 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması	76

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Dezenfekte edilmemiş evsel sularda karşılaşılabilecek mikroorganizmalar ve meydana getirdikleri enfeksiyonlar	4
Çizelge 3.1	Su numunelerinde incelenen parametrelerin TS 266 ve WHO'ya göre standart değerleri.....	8
Çizelge 3.2	WHO 1993'ün içme suyu bakteriyolojik kalite limitleri	9
Çizelge 3.3	İçme suyunda bulunan koku ve tat maddelerinin karakteristikleri	14
Çizelge 3.4	Klor ve kloraminler için koku alma eşiği konsantrasyonları	21
Çizelge 4.1	Mikroorganizmaların inaktivasyonu için gerekli ultraviyole enerjisi.....	28
Çizelge 6.1	Temas süresi için uygulanması gereken debi	55
Çizelge 6.2	40 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri	57
Çizelge 6.3	50 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri	57
Çizelge 6.4	60 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri	57
Çizelge 6.5	90 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri	57
Çizelge 6.6	120 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri	58
Çizelge 6.7	240 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri	59
Çizelge 6.8	Ultraviyole ile temas sürelerine göre renk değişiminin zamana bağlı olarak karşılaştırılması.....	62
Çizelge 6.9	40 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri.....	64
Çizelge 6.10	50 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri.....	64
Çizelge 6.11	60 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri.....	64
Çizelge 6.12	90 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri.....	65
Çizelge 6.13	120 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri.....	65
Çizelge 6.14	240 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri.....	65
Çizelge 6.15	254 nm dalga boyundaki UV lambasının 40 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi.....	71
Çizelge 6.16	254 nm dalga boyundaki UV lambasının 50 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi	71
Çizelge 6.17	254 nm dalga boyundaki UV lambasının 60 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi	72
Çizelge 6.18	254 nm dalga boyundaki UV lambasının 90 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi	72
Çizelge 6.19	254 nm dalga boyundaki UV lambasının 120 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi	72
Çizelge 6.20	254 nm dalga boyundaki UV lambasının 240 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi	73
Çizelge 6.21	40 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi.....	77
Çizelge 6.22	50 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi.....	77
Çizelge 6.23	60 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi.....	78
Çizelge 6.24	90 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi.....	78
Çizelge 6.25	120 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi.....	78
Çizelge 6.26	240 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi.....	79

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca yardımcı olan ve bu çalışmayı yöneten, değerli hocam Yrd. Doç.Dr. Süleyman ŞAKAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr.Ferruh ERTÜRK'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması boyunca sabrı ve manevi desteği ile daima yanımda olan, eşim Hakan Fırat TELLİ'ye ve tüm yaşamım boyunca beni ben yapan değerleri bana aşıl原因, babam Mustafa GİRDAP ve annem Fatma GİRDAP'a şükranlarımı arz ederim.

14 Temmuz 2003

Meltem GİRDAP TELLİ



ÖZET

İçme ve kullanım amaçlı sular patojen ve benzeri canlı organizmalar içerebilir. Günümüzde suların bu tip problemlerden arındırılması için bir takım fiziksel ve kimyasal metotlar kullanılır. Bu çalışmada fiziksel ve kimyasal dezenfeksiyon metotları kısaca açıklanmıştır. Ancak özellikle fiziksel bir dezenfeksiyon yöntemi olan ultraviyole ile dezenfeksiyon metodu üzerinde durulmuştur. Bu alanda yapılan çalışmalar kısaca anlatılmıştır.

Özellikle içme sularında kullanıcıların genel şikayet nedeni olan koku ve tat problemleri ve bunların nedenleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Genel olarak alglerin neden olduğu koku ve tat problemlerine karşı uygulanan kimyasal ve fiziksel metotlar kısaca anlatılmıştır.

Alg içeren su numunesi, 40, 50, 60, 90, 120, 240 saniye temas süreleri ile ultraviyole cihazından geçirilmiştir. Başlangıçtaki klorofil-a miktarı ile ultraviyole ışınması sonrasındaki klorofil-a miktarları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonrasında, UV ile muamele edilen numunelerin tümünde klorofil-a miktarında bir azalma göze çarparken UV ışınmasına maruz kalmayan numunelerde klorofil- a miktarında bir artış gözlenmiştir. En kısa sürede, etkin dezenfeksiyon 40 saniye UV ışınmasına maruz kalan numunelerde gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dezenfeksiyon, alg, ultraviyole.

ABSTRACT

Drinkable and usable water can include pathogenic and other similar organisms. Nowadays, lots of chemical and physical methods are used for purifying the water from these kind of problems. In this work, chemical and physical disinfection methods are described. But especially, ultraviolet disinfection, which is one of the physical disinfection methods, is described and other studies, these are about disinfection, are explained briefly.

Especially users generally, complaint about the taste and odor in drinkable water. Generally taste and odor exist because of the algae being. In this study, chemical and physical methods which are studied against algae population are explained.

Water sample, include algae, is brought in to the ultraviolet machine with 40, 50, 60, 90, 120, 240 second. It is compared that the amount of the chlorophyll-a that is before and after UV radiation. At the end of this comparison, while chlorophyll-a is increased in water, chlorophyll-a amount is decreased in all samples of the UV radiated. Most efficient and fast disinfection is occurred after 40 second ultraviolet radiation.

Keywords: Disinfection, algae, ultraviolet.



1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Kullandığımız su kaynaklarının, kullanıma kısıtlı hale gelmesi için mikrobiyolojik olarak kirlenmesi yeterlidir. Özellikle bu tip kirlenmelerin önlenmesi gerekmektedir. Kirlenmenin göstergesi olan mikroorganizmaların giderimi uzun zaman alır. Günümüzde mikroorganizma giderimi kimyasal dezenfeksiyon metodları ile gerçekleştirilmektedir. Klor, klordioksit, kloraminler ve ozon bu amaçla en sık kullanılan kimyasal bileşiklerdir. 1970' li yıllarda, klorlu bileşiklerin, sudaki mevcut organik bileşikler (fenoller vb.) ile reaksiyona girerek halk sağlığına zararlı kanserojen bileşikler oluşturdukları gözlenmiştir. Bu sonuç araştırmacıları dezenfektanlardan uzaklaştırmış, onları alternatif dezenfeksiyon yolları araştırmaya yöneltmiştir. Bu bağlamda, fiziksel bir dezenfeksiyon metodu olan ve toksik yan ürünler oluşturmayan, ultraviyole (UV) ışınları ile dezenfeksiyon üzerinde yoğunlaşmışlardır.

Günümüzde de ultraviyole ışığı, dozu ve kullanımı üzerinde pek çok araştırma yapılmaktadır. Bu ışınların, canlının kalıtsal materyali üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Ancak inaktivasyon ve fotoreaktivasyon mekanizmaları hakkındaki bilgiler henüz oldukça kısıtlıdır. Alternatif bir yöntem olarak , ultraviyole ışınlarının su ve atık su dezenfeksiyonunda kullanılması amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, halen günümüzde de kullanılmakta olan kimyasal dezenfektanlar ile ultraviyole radyasyonu, dezenfeksiyondaki avantajları ve dezavantajları ile beraber aynı platformda karşılaştırılmaktadır. İçme sularında oldukça fazla karşılaşılan bir başka problemde sulardaki alg oluşumudur. Bu çalışmada, algler neticesinde suda meydana gelen ve/veya gelmesi muhtemel olan problemler ortaya konmuştur. Suda meydana gelen koku ve tat probleminin etmenlerinden birinin alglerin toksinleri olduğu bilinmektedir. Bu problemin giderilmesi amacıyla kullanılan kimyasalların bazıları koku ve /veya tat gideriminde etkisiz olmuş ya da yüksek maliyetler ortaya çıkarmıştır. sonuçta ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemlerinin bu alanda alternatif olup olmayacağı merak konusudur.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Ultraviyole ile dezenfeksiyon sisteminin ülkemizde yüksek kapasiteli su ve/veya atık su arıtma tesislerinde uygulanmasına yönelik çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Ancak, düşük kapasiteli ev tipi su arıtma cihazları içerisinde kullanımı son yıllarda yaygınlaşmıştır.

Ülkemizde de henüz ultraviyole sistemleri ile su dezenfeksiyonu üzerine geliştirilmiş bir dizayn prosedürü ve dezenfekte edilecek suyun kalitesine bağlı olarak belirlenen ultraviyole dozu ile ilgili standart değerler mevcut değildir. Dolayısıyla herhangi bir ultraviyole dezenfeksiyon sisteminin alglerin inaktivasyonu ve fotoreaktivasyonu sonrasında amaçlanan bir dezenfeksiyon verimine ulaşabilmesi için gerekli ultraviyole dozunun belirlenmesinde bir veri yetersizliği söz konusudur.

Bu çalışmada ultraviyolenin özellikle algler üzerine olan etkisi incelenmiştir. Alglerin UV ile dezenfeksiyon sistemi kullanılarak ortamdan uzaklaştırılmasının söz konusu olup olmadığı gözlenmiş ve UV'nin bu canlı grubu üzerinde dezenfeksiyon verimi araştırılmıştır.

2. DEZENFEKSİYON

2.1 Giriş

Dezenfeksiyon; sudaki hastalık yapan organizmaların seçilerek yok edilmesine denir. Bu işlem esnasında bütün organizmalar yok edilmez. Bütün organizmaların yok edilmesine sterilizasyon denir. Sterilizasyon ve dezenfeksiyonun, genelde birbiri ile karıştırıldığı ya da birbiri yerine kullanıldığını gözlenmiştir. Daha ayrıntılı bir ifade ile suyun içerdiği patojenik mikroorganizmaların ortamdan uzaklaştırılarak, suyun emniyetle içilebilecek hale getirilmesine suyun dezenfeksiyonu denir. Suyun içerdiği bütün canlı organizmaların (bakteri, alg, virus, spor vb.) ortamdan uzaklaştırılmasına ise, suyun sterilizasyonu denir.

Günümüzde tatbiki uygulamalarda dezenfeksiyon ve sterilizasyon terimleri aralarında fark bulunmasına rağmen anlamdaş kelimelermiş gibi kullanılmaktadır. Suda veya arıtılmış ortamlarda patojen mikroorganizmaların bulunma ihtimali çok yüksektir. Eğer ham suyun, içme suyu olarak kullanması düşünülüyor ise, suyun mutlaka dezenfeksiyon işleminden geçirilmesi gerekir.

2.2 İçme sularının Dezenfekte Edilmesinin Önemi

Yaşamın devamı için gerekli ve vazgeçilemeyecek öğelerden biri sudur. Ancak suyun pek çok canlı için de yaşama ortamı olduğu bilinmektedir. Su, kimi zaman bu özelliğinden dolayı biz insanlar için tehlikeli durumlara yol açmaktadır. Bulaşıcı hastalıklar, tarihin ilk çağlarından beri insan oğlunun mücadele ettiği en çetin problemlerin başında gelmektedir. Bu nedenledir ki insanoğlu suyunu bakır ve gümüş kaplarda saklayarak ve kaynatarak bilinçsizce de olsa basit ve ilk dezenfeksiyon işlemini gerçekleştirmiştir. Bu açıdan bakıldığında dezenfeksiyonun tarihinin çok eskilere dayandığı söylenebilir.

Dezenfekte edilmemiş evsel atık sularda karşılaşılabilecek mikroorganizmalar ve meydana getirdikleri enfeksiyonlar Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Dezenfekte edilmemiş evsel sularda karşılaşılabilecek mikroorganizmalar ve meydana getirdikleri enfeksiyonlar(Crites ve Tchobanoglous;1998).

Organizmalar	Neden oldukları enfeksiyonlar
Bacteria	
<i>Escherichia coli</i> (enterotoxigenic)	Gastroenteritis
<i>Leptospira</i> (spp.)	Leptospirosis
<i>Salmonella typhi</i>	Typhoid fever
<i>Salmonella</i> (=2,100 serotypes)	Salmonellosis
<i>Shigella</i> (4 spp.)	Shigellosis (bacillary dysentery)
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera
Protozoa	
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiasis
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Cryptosporidiosis
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis (amoebic dysentery)
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis
Helminths	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis
<i>T. solium</i>	Taeniasis
<i>Trichuris trichiura</i>	Trichuriasis
Viruses	
Enteroviruses (72 types,	Gastroenteritis heart
Hepatitis A virus	Hepatitis
Rotavirus	Gastroenteritis

2. 3 Dezenfeksiyon Yöntemleri

İçme ve kullanım amaçlı sular, patojen ve benzeri canlı organizma içermesi bakımından şüphe arz ederler. Bu şüphenin giderilmesi için bir takım metotlarla işleme tabi tutulurlar. Genel olarak bu işlemler, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılır (Şakar, 2001).

2.3.1 Fiziksel Dezenfeksiyon Yöntemleri

Fiziksel yöntemlerle dezenfeksiyon yöntemleri üç grup altında toplamak mümkündür. Bunlar; ısı ile dezenfeksiyon, iyonize eden ışınlarla yapılan dezenfeksiyon ve mekanik olarak yapılan dezenfeksiyondur.

2.3.1.1. Isı ile Dezenfeksiyon

Yapılması kolay ve ucuz olduğu ve iyi sonuçlar alındığı için daha sık kullanılan yöntemlerdir. Yalnız dezenfekte edilecek olan maddenin ısı karşısında dayanıklı olması gereklidir.

Kaynatma

100 °C’de, 5-10 dakika kaynatmakla bakterilerin vejetatif şekilleri ve bazı bakterilerin sporları ölürler. Suyun kaynatılarak dezenfekte edilmesi oldukça eski ve pratik bir dezenfeksiyon yöntemidir. Su 15-20 dakika kaynatılırsa ihtiva ettiği bakteriler ölür ve su dezenfekte edilmiş olur. Ancak bazı bakterilerin ve spor formların ısıya karşı dayanıklı oldukları bilinmektedir ama bu yöntem ile hastalık taşımaları mümkün değildir.

Büyük hacimlerde suyun kaynatılması ve bu şekilde dezenfekte edilmiş suyun sağlıklı dağıtımı mümkün gözükmemektedir.

2.3.1.2. İyonize Eden Işınlarla Dezenfeksiyon

İyonize eden ışınlar elektromanyetik ve partiküler ışınlar olarak ikiye ayrılırlar. Elektromanyetik ışınlar; ultraviyole ışınları, X ışınları ve gamma ışınlarıdır. Partiküler ışınları ise beta ışınları olarak adlandırabiliriz.

2.3.1.3. Mekanik olarak yapılan Dezenfeksiyon

Mekanik yolla yapılan dezenfeksiyon, sıvıların değişik özellikteki filtrelerden süzülmesi işlemidir. Özellikle ısıtılınca bozulan maddelerin ve serumların sterilizasyonu filtrasyon ile yapılmaktadır. Bu filtrelerden bazıları; diatom toprağı filtreler, porselen filtreler, asbest süzgeçli filtreler, cam tozu filtreler ve kollodyum filtrelerdir.

2.3.2 Kimyasal Dezenfeksiyon Yöntemleri

Uygun temas süresi ve uygun dozda aşağıdaki kimyasal maddeler dezenfektan olarak

kullanılırlar. Patojen mikroorganizmalar, fazla alkalilik ve asidik sularda yaşayamazlar. Ağır metal iyonlarından civa, altın, gümüş, kurşun ve bakırın, yaşayan canlı organizmalara tesir ettikleri ve onların hayatlarını felce uğrattıkları bilinmektedir.

Suyun kalitesine ve içerdği bakteri konsantrasyonuna göre 0,02 ile 1 mg/l gümüş iyonları suyu dezenfekte etmektedir. Su içindeki, kolloidler, bulanıklık ve bazı organik maddeler gümüşe tesir eder.

Aşağıda bazı önemli, oksidan özelliğe sahip elemanlar verilmiştir.

2.3.2.1 Ozon ile Dezenfeksiyon

Ozonun kirli suları dezenfekte etme özelliği ilk olarak 1886 yılında Meritens tarafından açıklanmıştır. Fakat içme suyu arıtımında ozonun tam olarak kullanımı 1897'de Hollanda'da olmuştur. Daha sonraları Almanya'da, Fransa'da ve İspanya'da çeşitli tesisler inşaa edilmiştir.

Ozonu kullanan tesislerin çoğu, ozonu ilk başlarda dezenfektan olarak kullanmaya başlamışsa da, daha sonraları 1920'li yıllarda ozonun ayrıca suyun tat ve kokusunun giderilmesinde etkili olduğu belirlenmiştir. 1960 yıllarında ise ozon şimdiye kadar arıtmanın son safhasında kullanılmakta iken arıtımın ön safhalarında kullanılmaya başlanmıştır.

Ozon oldukça kuvvetli bir oksitleyicidir. Ancak ozonlama işleminin maliyetinin yüksek olması bu gaz için bir dezavantajdır.(EPA; 1999)

Ozonun yakın zamanlardaki uygulamalarında ise kullanılma amacı , dezenfeksiyon yan ürünlerinin kontrolü yönündedir. Bu alandaki çalışmaların çoğu A.B.D' de gerçekleştirilmektedir.

Çevre mühendisliğinde ozon, içme suyundaki tat, koku ve rengin iyileştirilmesi, bakteri ve virus giderimi, organik madde, mikrokirleticiler , demir ve manganın oksidasyonlarında kullanılmaktadır (Şakar, 2001).

2.3.2.2 Klor ile Dezenfeksiyon

Günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip olan dezenfeksiyon yöntemi klor kullanılarak yapılan kimyasal dezenfeksiyondur (Muslu,1996).

Bir dezenfektan olarak kullanılan klorun aşağıda sıralanmıştır:

- Sarımsı yeşil renkte bir gazdır.
- Keskin bir kokusu vardır.
- Sıvılarda kolayca yoğunlaşabilir.
- Kuru olduğunda metallere etkisi yok denecek kadar azdır.
- Islak halde, metallere etkisi oldukça belirgindir. Korozyona neden olur. Suda fazla miktarlarda eritildiğinde korozyona maruz kalmayacak olan cam ya da plastik kaplarda saklanmalıdır.
- Sıvı klor sudan 1,5 defa daha ağırdır.
- Atmosfer basıncında, 35 °C’de sıvı klor kaynamaya başlar ve hızla gaz haline geçer. Bir hacim sıvı klor, 460 hacim gaz klor olur.
- Atom ağırlığı, 35,45’dir.
- Klor gazı yüksek derecede zehirlidir. 30 ppm öksürtür, 60 ppm tehlikelidir ve 1000 ppm ani ölümlere neden olur. Gaz klor dezenfeksiyonu yapan yerler için özel uygulamalar gerekir.

EPA’nın 1999 yılında yayımladığı “Alternatif Dezenfeksiyon Metotları” adlı raporda klorun iyi bir dezenfektan olduğu ancak Birleşik devletlerde kullanımının oldukça sınırlı olduğu bildirilmiştir. Yine aynı raporda, klorun oldukça ekonomok olduğu ancak transferinin oldukça dikkat gerektirdiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle uygulamayı (klorlama) gerçekleştirecek olan kimseler oldukça dikkatli olalıdır.

3. İÇME VE KULLANMA SULARINDA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

İçme ve kullanma suları yüzeyel sular, yeraltı suları ve kaynak suları olmak üzere sınıflandırılabilirler. Büyük kentlerin, İstanbul'da olduğu gibi, su ihtiyaçlarının büyük bir çoğunluğu tabii ve suni yüzeyel su kaynaklarından karşılanmaktadır. Şehirlerin, gecekondulaşma ve plansız yapılaşması, yüzeysel su kaynaklarının çevresindeki ormanlık alanların azalmasına bu da bir takım problemlere neden olur.

3.1 İçilebilir Suyun Özellikleri

Suyun, içilebilir su olarak tanımlanması için belli başlı kriterlerin o su için sağlanıyor olması gereklidir. Ülkemizde içme suları ile ilgili düzenlemeler, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanmış olan TS 266'da yer alan kriterlere göre yapılmaktadır.

İçme ve kullanma suyu olarak yararlanılacak olan suların; insan sağlığına zarar verecek patojen mikroorganizma, organik ve inorganik bileşikler, toksik maddeler, suyun bulanıklığını arttıran katı maddeler, kimyasal bileşikler bunların yanı sıra tat, koku ve renk gibi suyun içilebilirlik özelliğine olumsuz yönde etkileyen unsurları içermemesi istenir. TS 266 ile WHO (Dünya Sağlık Örgütü) 'a göre içme ve kullanma sularında olması gereken standart değerleri bazıları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Dünya Sağlık örgütü tarafından 1993'de içme suyunun bakteriyolojik limitleri Çizelge 3.2 'de verilmiştir

Çizelge 3.1 Su numunelerinde incelenen parametrelerin TS 266 ve WHO' ya göre standart değerleri(Dölen vd.,1999)

PARAMETRELER	TS 266	WHO
PH	6,5-9,2	6,5-8,5
Renk(R. Birimi)	20	15
Bulanıklık (NTU)	25	15
Klorür (mg/l)	600	250
Bakiye klor (mg/l)	0,1-0,5	5
Amonyakazotu (amonyum)(mg/l)	0,05-0,5	1,5
Toplam koli (adet/100ml)	<1	0

Çizelge 3.2 WHO 1993'ün içme suyu bakteriyolojik kalite limitleri (Öztürk vd.,1999)

Bakteriler	Tavsiye Edilen Değer
İçme maksatlı bütün sular Esherichia coli ve termotolerant (ısıya dayanıklı koliform bakterisi)	100 ml'lik numunede bulunmamalıdır.
Dağıtım sistemine giren arıtılmış sular Esherichia coli ve termotolerantkoliform bakterisi Toplam koliform bakterisi	100 ml'lik numunede bulunmamalıdır.
Dağıtım sistemindeki arıtılmış sular Esherichia coli ve termotolerantkoliform bakterisi	100 ml'lik numunede bulunmamalıdır. Yeterli sayıda numunenin analiz edileceği büyük çaplı su temini işlerinde 12 aylık bir süre zarfında alınan numunelerin %95'inde bulunmamalıdır.

3.2 Yüzeyel Su Kaynaklarında Alg Kirlenmesi

Yüzeyel su kaynakları, evsel atık sular başta olmak üzere, sanayi ve endüstriyel atık sularda kirlenme riski altındadır. Her halükarda yüzeyel su kaynaklarına giren besi maddeleri (azot, fosfor vb.) miktarında önemli artışlar söz konusudur. Bu durum su kaynağındaki mikroorganizma kompozisyonunda değişikliklere sebep olur. Mevsimlere ve meteorolojik özelliklere bağlı olarak da mikroorganizma türlerinde aşırı çoğalmalar (alg patlaması vb.) olabilmektedir.

3.2.1 Yüzeyel Su Kaynaklarında Algler

Canlılar; hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar. Yüzeysel su kaynaklarında, içme ve kullanma sularında mikroorganizma (protista) denilen bu canlı grubu önem arz etmektedir. Mikroorganizmaların atık su arıtma tesisinde biyolojik olarak giderilmesi amaçlanır.

Protistalar, gelişmiş ve ilksel (gelişmemiş) olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Gelişmiş olanlar;

Algler

Protozoalar (tek hücreliler)

Mantarlar şeklinde sınıflandırılırlar.

İlksel olanlar ise;

Mavi-yeşil algler

Bakteriler

Virüsler olarak üç grupta toplanmıştır.

Sonuç itibarı ile protistalar gelişmiş ya da ilksel olabilirler. İster gelişmiş ister ilksel olsun, içme suyu kaynaklarında, arıtılması gerekli olan önemli mikroorganizma canlı grubunu oluştururlar.

Algler gelişmiş mikroorganizma grubundan olmakla beraber yapısal özellikleri bitkilere benzemektedir. Fotosentez yapma özelliğini sağlayan, genel olarak klorofil adı verilen, yeşil, sarı, turuncu, mavi, kırmızı veya kahverengi pigmentleri (boya maddeleri) bulunur. Böylece algler, sudan CO₂ ve besi maddelerini alarak ve klorofilleri sayesinde güneş ışığının enerjisini kullanarak organik maddeleri oluştururlar. Aynı zamanda su ortamını O₂ bakımından zenginleştirmiş olurlar (Güner vd., 1991)

3.2.1.1 Alglerin Özellikleri

Algler genellikle hareket etmezler. Büyüklükleri 5-100 µm arasında bulunur. Genel olarak algler, halk sağlığı yönünden zararlı değildirler. Fakat bazı mavi-yeşil (*Cyanobacteria*) alg türleri endo- veya egzo- toksin (egzotoksin) üretirler. Kafi derecede vücuda alınırlarsa sağlık açısından zararlı olabilirler. Algler güneş ışınlarından faydalanarak karbondioksitten hücre maddelerini teşkil ederler. Açığa çıkan oksijen alglerin bol miktarda yaşadıkları sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının artmasına neden olurlar. Normal fotosentez yapan birçok alg karanlıkta yaşamaya devam eder. Fotosentez ve solunum olayı birbirini takiben ortama hakim olur.

Alglerin, mavi-yeşil alglerde dahil, 15 000'den fazla türü vardır. Yüzeysel su kaynaklarında problem teşkil eden algler dört grupta toplanır.

Mavi-yeşil algler (cyanobakterial dominance)

Pigmentli flagellatlar (pigmental flagellates)

Algler

Diatomalar olarak sınıflandırılmıştır.

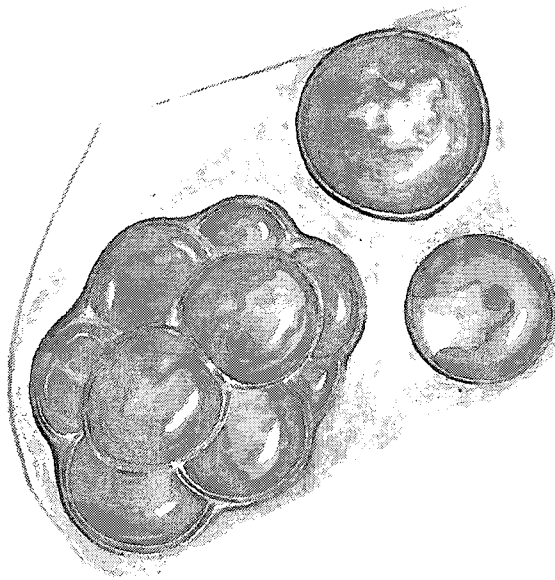
Mavi-yeşil algler

Doğal ve suni yüzeysel tatlı su kaynaklarında bol miktarda yer alırlar. Ayrıca dünyanın her yerinde, toprakta, suda, denizlerde görmek mümkündür. Su kaynaklarının besin maddesi ile zenginleşmesi sonucu süratli bir şekilde büyüme özelliğine sahiptirler. Mavi-yeşil algler foto ototroftur. Karanlıkta yaşayamazlar. Fakat bazıları azot ihtiyaçlarını atmosfer azotundan sağlayabilirler. Uygun şartlarda 3-4 saat içerisinde çoğalırlar. Fotosentez sonucu açığa çıkan oksijen, aynı ortamda büyüyen aerobik bakteriler tarafından karbonlu bileşiklerin oksitlenip karbondioksit dönüşmesinde kullanılır. Pigmentleri hücre sıvısına karışmış durumdadır.

Mavi-yeşil algler sahip oldukları metabolizma faaliyetleri ile bulundukları su ortamında kötü kokulara, tada ve görüntü kirliliğine sebep olurlar.

Mavi-yeşil alglerin türleri egzotoksin üretme özelliğine sahiptir. Yüzeysel su kaynaklarında mavi-yeşil alglerin aşırı çoğalmaları (alg patlaması) sırasında meydana gelen egzotoksin konsantrasyonu memelilerde, kuşlarda, balıklarda kafi dozlarda alındığı zaman hastalık yada ölümlere sebep olurlar. Bu türlere *Anabaenopsis sp.*, *Microcystis sp.* ve *Aphanizomenon sp.* örnektir.

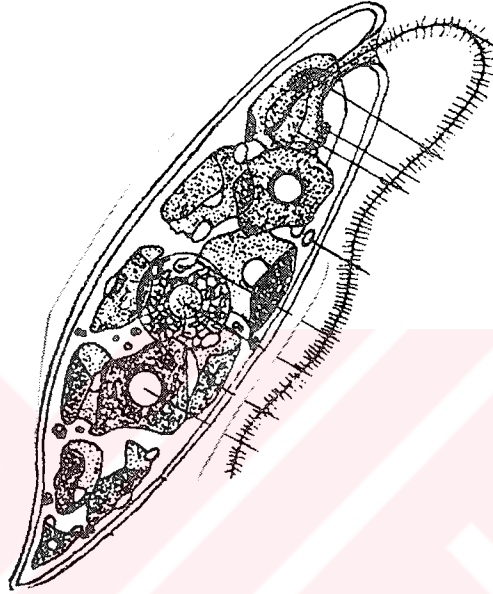
Bu tür egzotoksin ihtiva eden suları insanlar kullandığında (yüzme sırasında, içildiği zaman vb.) deri tahrişlerine ve barsak enfeksiyonlarına da yol açabilirler. Mavi-yeşil algler diğer bakterilerle birlikte toksik etkiye de sebep olurlar (Muslu,2001).



Şekil3.1 Mavi-yeşil alg yapısı

Pigmentli flagellatlar

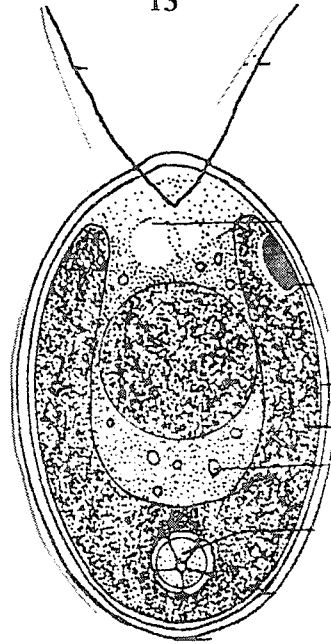
Kamçılarıyla hareket eden ve klorofillere sahip olan mikroorganizmalardır. Yüzeysel su kaynaklarında sığ kısımlarda, kirlenmeye maruz kalmış bölgelerde rastlanabilir. Yüzeysel su kaynaklarında, besi maddeleri cinsi ve konsantrasyonuna bağlı olmakla birlikte, *Euglena sp.* ve *Chlorella sp.* gibi phytoflagellalar genelde en çok rastlanan alglerdir. Örnek olarak bir pigmentli flageelat olan *Euglena*'nın yapısı Şekil 3.2 'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Bir Euglene hücresinin genel yapısı

Algler

Yüzeysel su kaynaklarında tek yada çok hücreli olabilen organizmalardır. Genel olarak yosun olarak adlandırılır. Yüzeysel suların tabi florasını oluştururlar. Aşırı çoğaldıklarında salgıladıkları bir takım enzimlerle su kaynağının kullanım özelliğini değiştirebilirler. Tek hücreliler genel olarak küçüktür. Şekil 3.3 'de bir tek hücreli alg verilmiştir. Çok hücreliler yüzen büyük kitleler teşkil edebilirler. Yüzeysel su kaynaklarında genel olarak rastlanan alg türleri *Shirogya sp.*, *Vaucheria sp.*, *Ulothrix sp.*, *Phacus sp.*, *Chlamydomonas sp.*, *Navicula sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Vlothrix sp.* 'dir.

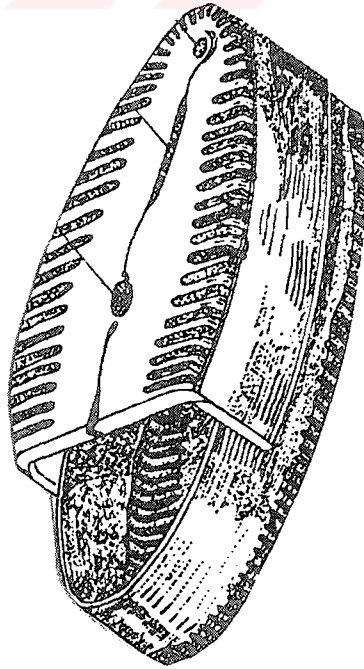


Şekil 3.3 Tek hücreli bir Alg'in yapısı

Diatomalar

Yüzeysel su kaynaklarında görülebilecek diğer organizma grubudur. Renkleri altın sarısına kaçan kahverengidir. Hareketlidirler. Yapısında silisyum dioksit bulunur. Bazen saça benzeyen filamentlerden koloniler teşkil ederler. Şekil 3.4'de bir Diatomae hücrenin yapısı görülmektedir.

Algler filtre yüzeyine yeşilimsi ve kahverengimsi bir renk verirler. Besi maddelerinin seviyesi düşük olduğu zaman genelde algler sisteme hakimdir.



Şekil 3.4 Diatomae hücresi

3.3 İçme Suyunda Koku ve Tat Problemi

Tat ve koku problemi, hem yer altı hem de yüzeysel sulardan içme ve kullanma suyu temininde karşımıza çıkan önemli sorunların başında gelir. Ancak yüzeysel sular, gerek tabii olarak gerekse insanlar tarafından verilen organik atıklar yüzünden daha fazla kirlenmeye maruz kalmaktadır. Bu durum daha fazla tat ve koku problemiyle karşılaşmamıza neden olur.

İçme suyu kalitesinin estetik bileşenlerinin içinde tat ve koku, bulanıklık renk mineralizasyon ve sertlik bulunur.

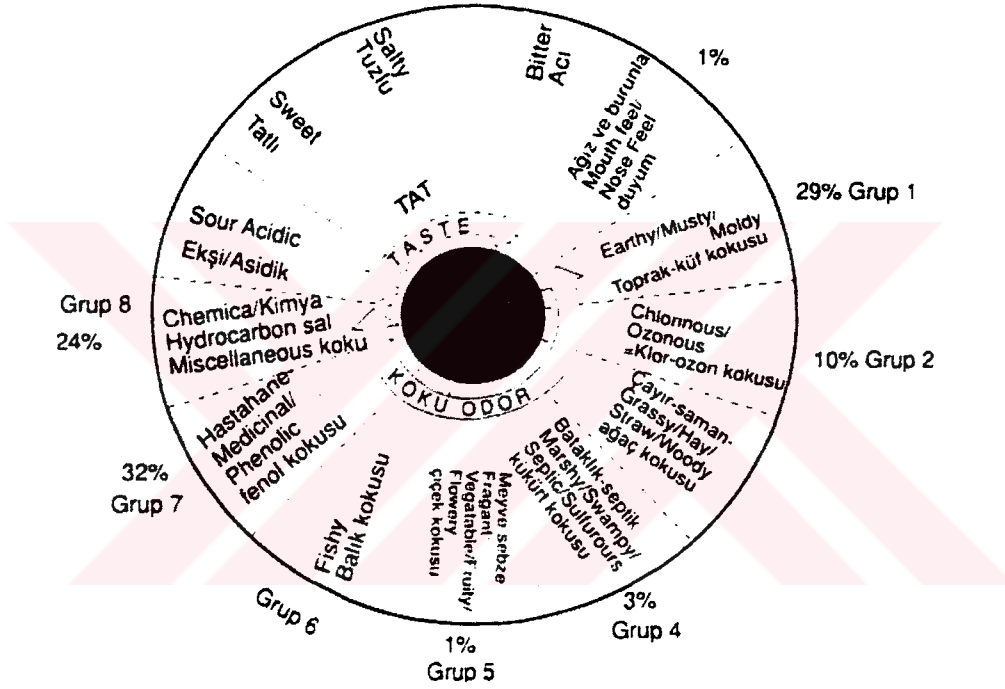
Sularda tat ve koku problemi genelde beraber bulunur. Tat problemi tuzlardan yani toplam çözünmüş katı madde miktarının yüksek olmasından meydana geldiği gibi demir, bakır, manganez, çinko gibi metallerin bulunmasından da kaynaklanır. Bunların dışında evsel atık suların su kaynağına karışması, sanayi atık sularının bilhassa fenol, yağ ve benzeri maddelerin karışması, hidrojen sülfür ve metan gibi suda çözünmüş gazlar, yabancı ot ve böcek mücadelesinde kullanılan zirai mücadele ilaçları da sebep olabilir. Fakat tat ve koku probleminin en büyük nedeni, filamentli bakteriler, actinomycesler ile mavi- yeşil algler başta olmak üzere mikroorganizmalardır. Ayrıca ölü mikroorganizmaların ayrışması sonucu da oluşabilmektedir. Yapılan araştırmalar içme suyunda tat ve koku problemine neden olan birinci sebep algler, ikinci sebep ise bitki örtüsünün çürüyüp ayrışması olarak gösterilmiştir(Muslu, 2001)

Günümüzde kaliteli içme suyunun temini önem kazanmıştır. Tüketiciler de bu konuda hassas, hatta bazı durumlarda şikayetçi olmaktadır. 1980'lerden bu yana yapılan çalışmalarda, içme suyunun kalitesini ölçmekte hassas bir indikatör olan koku ve tat tiplerine işaret edilmektedir. Sulara koku ve tat veren maddeler Çizelge 3.3'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.3 İçme suyunda bulunan koku ve tat maddelerinin karakteristikleri(Jagt, 1999)

Tipi	Örnek	Koku eşiği mg/l	Kaynak
Topraksı (earthy)	Geosmin	15×10^{-6}	AWWA,1987
Küf (musty)	2,4,6-tricloroanisole	3×10^{-8}	Griffiths,1974
Küf (moldy)	Chlordane	2×10^{-4}	AWWA,1987
Klorlu	Hipoklorik asidi	0,32	AWWA,1987
Kimyasal madde	Etilasetat	4,3	AWWA,1987
Fenolik	2,4-diklorofenol	2×10^{-3}	Faust,1983

Genel olarak tat ve koku problemi ya doğal ya da suni yani insan kaynaklı olabilir. Tabii olarak mikroorganizmalardan, alg ve bakterilerden ileri gelir. Bakteriler bir çok kimyasal bileşik üretir ve sulardaki topraksı tada sebep olurlar. Bu bilgilere sahip olmamıza rağmen , şu an bile kokuya sebep olan bileşiğin tanımlanmasında bilgi eksikliklerimizin olduğunu söylemeliyiz. Kokuya sahip olan maddenin kimyasal olarak teşhisi çok önemlidir. Mesela, alg gelişirken salatalık kokusundan balıksı kokulara kadar değişen kokular çıkarır. Keza koku yapan bileşikler hidroliz, fotoliz ve biyolojik ayrışma olaylarına da maruz kalabilirler. İçme suyu ile karşımıza çıkan durumlar Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5 Koku tat çemberi (Muslu,2001)

Su kirlenmesi bakımından problem olan alg türleri mavi-yeşil alglerdir. Mavi-yeşil alglere cyanobacter de denir. Alglerin ürettiği iki kimyasal madde sulardaki koku ve tat değişikliğinin önemli nedenidir. Sulara tat ve koku veren bu iki madde, geosmin ve 2-metil isoborneol'dür.

Geosmin'e ait koku, toprak, çamur, pancar ve nehir yatağındakine has bir koku olarak tasfir edilirken, metil isoborneol bileşiğinin kokusu ise, küf, kahiru kokusu ve bodrumların kendine has ağır havasının kokusu şeklindedir.

Geosmin bazı mavi – yeşil alg türleri tarafından üretilen ve suda istenmeyen bir kokuya neden olan kimyasal bir maddedir. Geosminin istenmeyen pis kokusunun yanı sıra, su

kirlenmesine neden olan başka özelliklerinin de olduğu ortaya çıkmıştır. Su ortamına salgılanan bu madde, başka alg türlerinin gelişmesini hızlandırarak su kalitesini de bozmaktadır. Yapılan laboratuvar deneyleri sonunda yüksek geosmin varlığında alg üremesinin de arttığı ve tepe değere ulaştığı gözlenmiş ve geosminin gelişmeyi hızlandıran bir vitamin etkisi meydana getirdiği tespit edilmiştir (Muslu, 2001). Topraksı kokuya neden olan kimyasal bileşik geosmin olarak bilinmektedir. Bu bileşiğin kimyasal formülü trans1, 10-dimethyl-trans-9-decalol şeklindedir.

Geosmin bir içme suyu kaynağına girerse, su tasfiyesi sırasında bunun giderilmesi, çok pahalı ve bazen de gereksiz su arıtma metotlarının kullanılmasını gerektirir. Glaze ve diğerleri (1990), serbest klor (Cl_2), klordioksit (ClO_2), monokloramin (NH_2Cl), potasyum permanganat ($KMnO_4$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi oksitleyici maddelerin tamamının geosminin giderilmesinde etkisiz kaldığını göstermişlerdir. Ozon ,sudaki topraksı tat ve kokuyu gidermekte etkilidir.Ancak bu işlem sonrasında toprak ve çamur kokusunun yerini meyvemsi tatlı bir koku alır. Bir çok durumda taneli aktif karbonun sudaki topraksı kokuyu giderdiği, fakat geosmin konsantrasyonu 140 mg/l'yi geçtiği zaman tasfiye tesisi çıkış suyunda bu kokunun hissedildiği görülmüştür (Seligman vd., 1992).

Sonuç olarak, çok şiddetli koku probleminin olduğu durumlarda, taneli aktif karbon ve ozon uygulamasının bir sınırı olduğunu göstermektedir.Ayrıca geosmin gidermede etkili olan bu iki yöntem ne kadar etkili olsa da oldukça pahalı bir maliyete sahiptir.

İçme suyunda toprak kokusunu gidermek için kullanılan alternatif sayılabilecek bir başka yöntem de geosmin oluşumunu ve geosminin suya karışmasını önlemek için gerekli tedbirlerin alındığı bir hazne yönetiminin uygulanmasıdır. Halen kullanılan, topraksı kokuyu en iyi kontrol metodu, hazneye bakır sülfat ilavesidir. Bakır sülfat, geosmin üreten mavi- yeşil algleri etkili bir şekilde öldürmekte ve kötü kokulu alg patlamalarını bertaraf etmektedir. Geosmin oluşturan mavi- yeşil alglerin çoğu teşhis edilmiş ise de, bu alglerin bulundukları sulara ne zaman geosmin saldıkları hakkındaki bilgiler oldukça sınırlıdır (Muslu, 2001).

Metil isoborneol ile ilgili örnek oluşturabilecek şikayetler Güney Kaliforniya'da bulunan iki baraj haznesinde gözlenmiştir. 1996 yılında söz konusu bölgede tüketicilerden gelen yoğun şikayetler üzerine metil isoborneol bileşiğinin sebep olduğu koku ve tat problemi ile karşılaşmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda,ozon ve hidrojen peroksitin tat ve kokuyu giderdiği görülmüştür. Fakat yine aynı araştırmalar neticesinde hidrojen peroksitin koku ve tat

gideriminde, ozona göre daha sınırlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Muslu, 2001).

3.4 Koku ve Tat Çemberi

Son yıllarda dezenfektan maddelerin klor – ozon kokusu ile geosminin toprak kokusu ve metil isoborneol'ün küf kokusuna ilaveten yeni kokular ortaya çıkmıştır. Bu tat ve kokuları tanıyabilmek için son yıllarda gaz kromatografisi ve kütle spektrometresi tekniklerine dayanan aletli ölçme metotları yanında panelist grubun duyu organları ile koku ve tadı teşhis ettikleri koku ve tat profili analizi de uygulanmaktadır.

İki grup madde için kokuların algılanması çok iyi anlaşılmıştır. Bunlar toprak / küf ve klor / ozon kokularıdır. Toprak / küf kokularından en tanınmış olanları geosmin ve metil isoborneol'dür. Son yıllardaki gelişmelere rağmen kokuya sebep olan bileşiğin tanınmasında halen bilgi eksiklikleri söz konusudur. Bil hassa söz konusu madde karışım halinde bulunuyorsa ve koku eşik konsantrasyonunun altında bir konsantrasyona sahipse doğrudur. Kokuya neden olan maddenin kimyasal olarak teşhisi önem taşır. Örneğin bizim bilhassa üzerinde durduğumuz algler gelişirken salatalık kokusundan balıksı kokulara kadar değişen kokular çıkarır. İçme suyu ile ilgili karşımıza çıkan bu durumlar Şekil 3.5'deki koku ve tat çemberinde ifade edilmiştir.

Tad ve koku problemlerinde, ekolojinin, duyu organlarının ve kimyasal şartların gerektirdiği delillere istinad etmek gerekir. Ekolojik şart organizma ile kokunun sahada birarada gözlenmesidir. Duyu organlarımızla ilgili sensörel şart, saf kültür halinde izole edilen organizmanın suda aynı kokuyu çıkarmasıdır. Kimyasal şart ise, kokuya neden olan maddenin organizmadan ve orijinal sudan izole edilerek tanınmasıdır (Muslu, 2001).

Tat ve koku çemberi, kokular için bazı başvuru standartları belirler. Koku tarifleri genelde insanların kendi tecrübeleri ile yakından ilgilidir. Örneğin, toprak / küf kokusu grubuna giren kokular, geosmin, metil isoborneol, trikloroanisol gibi farklı kimyasallar tarafından meydana getirilebilir. Genellikle bunlar arasındaki fark sadece koku ile kimyasal madde arasında doğrudan ilişki kurularak tespit edilebilir. Mesela distile suda, geosmin kokusu, panelistlerin tecrübelerine göre literatürde, toprak kokusu, ıslak çamur kokusu, şeker pancarı ve nehir tabanının kokusu olarak tarif edilmiştir. Metil isoborneol kokusu ise, küf, kafiru ve bodrum kokusu olarak açıklanmaktadır. Bu konudaki bilgilerimiz standartlaştırılma aşamasındadır. Örneğin, salatalık kokusunun trans, cis-2,6-nonadianal bileşiğinin kokusu olduğu

bilinmektedir. Standartlara bu şekilde girmiştir (Muslu, 2001). İçme suyunda karşılaşılan bazı koku ve tat türleri aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

3.4.1 Toprak ve Kūf Kokusu

Geosmin, metil isoborneol ve trikloroanisol bu grupta kokuya sahip olan bileşiklerdir. Bu bileşiklerin koku eşik konsantrasyonları (OTC – odor threshold concentration) değeri < 10 ng/l olarak bildirilmiştir (Mallevialle ve Suffet,1987). Metil isoborneol ise hem algler hemde actinomycetler tarafından üretilir ve sularda kūf kokusuna sahip olan metabolitlerdendir. Trikloroanisol 20-80 pg/l koku eşik konsantrasyonuna sahiptir. Su şebekelerindeki klorlama yan ürünlerinden olan triklorofenol bileşikleri metilasyon prosesi yoluyla triklor anisol maddesine dönüşebilir 0,1 µg/l'lik bir fenol konsantrasyonunun sularda kūf kokusu meydana getirmeye yettiği gözlenmiştir (Muslu, 2001).

3.4.2 Klor ve Ozon Kokusu

Hipoklorid asidi ve hipoklorid iyonları aynı koku tarifine sahiptirler. PH<6 ve OTC=0,28 mg/l'dir. Halbuki hipoklorid iyonu için PH>9 olup OTC=0,36 mg/l değerine yükselir. Kırılma noktasından önce suda en çok bulunan klor türleri monokloramin ve dikloramindir. Karakteristik koku yüzme havuzlarının kokusudur. Monokloramin 0,5-1,5 mg/l konsantrasyonlarında 2 koku şiddetine sahiptir. Eğer konsantrasyon 5 mg/l'yi geçmezse monokloraminler içme suyunda nadiren koku problemine neden olurlar. Monokloraminin OTC değeri 0,65 mg/l'dir. Suda dikloraminin konsantrasyonu 0,9 ila 1,3 mg/l'ye yükselirse koku orta ile çok şiddetli olarak tasvir edilebilecek bir hal alır. Bu, rahatsız edici ve kabul edilemez bir koku seviyesidir (Muslu, 2001).

İnsanların çoğu dikloramin seviyesi 0,5 mg/l'nin üstüne çıktığında hoş olmayan bir klor kokusu algılamaktadır. Son yapılan çalışmalar yüksek çözünmüş katı madde konsantrasyonunun OTC üzerinde etkide bulunduğunu göstermektedir. Bu, suda serbest ya da kombine klor bakiyesi mevcut olmadığında bile şiddetli klora benzer kokulara rastlanabileceği anlaşılmıştır (Bruchet, 1999).

3.4.3 Rayiha, Hoş Kokular (Sebze, meyve, çiçek kokuları)

Son zamanlarda içme suyu tesislerinde bu tip kokulara da rastlanmıştır. Yüksek molekül ağırlıklı aldehitler ile ozonlama sırasında açığa çıkan meyve kokuları arasında korelasyon olduğu düşünülmektedir. Örneğin; trans, cis-2,6-nonadienal isimli mikrobial bir metabolit sulara salatalık kokusu vermektedir (Muslu, 2001).

3.4.4 Tıbbi Kokular

Koku çemberine son zamanlarda eklenen bromofenoller, klorofenoller gibi OTC değerine sahiptirler. İodoform da bunlardan olup hastanelerin fenolik kokusunun sebebidir. Klor / fenol oranı klorlama olayının fenolik yan ürünlerinin teşekkülünde esas faktördür.

İçme suyunda iodometan teşekkülü ham suyun organik madde muhtevası ve klorlama prosesi ile ilgilidir. Son araştırmalar bazı deniz alglerinin basit bromofenoller ve çok sayıda bromlanmış bileşikler ihtiva ettiğini göstermiştir. Bu alglerle beslenen balıklarda iyot ve iodoform kokusu oluşmaktadır. Diğer taraftan deniz alglerinin bromoform, klormetan, bromometan ve iodometan gibi uçucu halokarbonları ürettiği bilinmektedir (Muslu, 2001).

3.4.5 Çayır, Saman, Ağaç Kokusu

Çayır çimen kokuları içme suyu ile ilgili olarak sıkça rapor edilmektedir. Son zamanlarda bu hususta iki bileşiğin mevcut olduğu anlaşılmıştır. Cis-3-hexen-1-ol ve cis-3-hexenyl-asetat adlarıyla tanınmaktadır. Bu kimyasal maddeler taze çimenin bir günden az bir süre ile suya karıştığı zaman ortaya çıkardığı kokunun sebebidir.

Bu gruptan yeni bir bileşiğin saman ve ahşap kokusuna sahip olduğu bildirilmiştir. Betasiklositral isimli bu bileşik alg patlaması sırasında bir gölde ve buradan alınan tasfiye edilmiş suda görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlarda bu maddenin tütüne benzer bir kokuya sahip olduğu bildirilmiştir (Young vd.1996).

3.4.6 Bayat Balık Kokusu

İçme suyunun ozonlanması sırasında bodrum ve kilerlerin ağır, kokuşmuş havasını andıran kokuyla sabun kokusuna benzer kokular algılanmıştır. Balık kokusu önceden beri alg kültürlerinde hissedilen ve rapor edilen bir kokudur. Japonya'da trans, trans-2,4-heptadienal adlı algerin ürettiği bir metabolitin balık kokusuna sebep olduğu tespit edilmiştir. Bayat balık kokusunun OTC değeri 5 µg/l olduğu bilinmektedir (Suffet vd.1999).

3.4.7 Bataklık Kokusu / Septik Kokular / Kükürt Kokusu

Çürüyen bitkiler ve alg yosunlarının kalıntıları ve yan ürünleri bakteriyel ayrışma sonucunda pis kokular meydana getirir. Bu kötü kokular dimetilsülfür ve dimetiltrisülfür kokusu olup genellikle besin maddesi içeren havasız yer altı sularında bulunmaktadır. Kötü kokulu olan bu bileşiklerin aerobik koşullarda meydana geldiği anlaşılmıştır (Ginzburg vd.1999). İçme suyu alınan bir gölden çıkan pis kokuların dimetil oligosülfür kokusu olduğu tespit edilmiş, çalışmalar sonucunda bir alg türü tarafında üretildiği sonucuna varılmıştır. Pis kokular alg patlaması ile üst üste düşmekte ve ölü alg hücrelerinin parçalanması sonucunda açığa çıkan maddelerin oksijeni bol sularda bakterilerce ayrıştırılmasından ileri gelmiştir (Muslu, 2001).

3.5 Tat ve Koku Problemini Gidermede Kullanılan Mevcut Yöntemler

Sulara koku ve tat veren maddeleri uzaklaştırmak için arıtma tesislerinde uygulanan ilk işlem oksitlenmedir. Klor ve benzeri oksidasyon maddeleri, dezenfeksiyon maksadı ile öteden beri kullanılmaktadır.

Bu maddelerin koku ve tat kontrolünde kullanılmaları yeni bir aşamadır. Ancak koku ve tat probleminde kullanılacak olan oksitleyici maddelerin optimum dozunu bulmak önem taşır. Aşırı doz tatbikinin söz konusu olduğu durumlarda, bizzat bu uygulanan maddenin kendisi problem olur.

3.5.1 İçme Sularının Oksitlenmesinde Kullanılan Maddeler

3.5.1.1 Serbest Klor ve Kloraminler

Çayır, ağaç, bataklık ve balık kokusu ile tarif edilen bir çok organik bileşik klor tarafından oksitlenebilir. Klor, iodoform ve klorofenoller gibi tıbbi kokulara sebep olabilir. Klor kimyasal kokulara sebep olan maddeleri oksitleyebilecek kadar kuvvetli değildir. Bunun yanı sıra klorun geosmin ve metil isoborneol bileşiklerini parçalayacak özelliği de yoktur. Kloraminler de klorun oksitlediği herhangi bir organik bileşiği genel olarak oksitleyemez. Arıtılmış su için kloramin kullanılması serbest klor tatbiki halinde su dağıtma sisteminde ortaya çıkacak problemleri büyük ölçüde azaltır. Çizelge 3.4’de görüldüğü gibi serbest klorun, monokloramine nazaran oldukça düşük bir koku eşik konsantrasyonu mevcuttur. Bu durumda kullanıcılar, monokloraminin yarısı kadar bir bakiye serbest klor konsantrasyonunun farkına varırlar ve şikayete başlarlar.

Çizelge 3.4 Klor ve kloraminler için koku alma eşik konsantrasyonları (Mc Guire, 1999)

Bileşik	Koku eşik (mg/l)	Tat eşik (mg/l)
Hipoklorit asiti	0,28	0,24
Hipoklorit iyonu	0,36	0,3
Monokloramin	0,65	0,48
Dikloramin	0,15	0,13
Trikloramin	0,02	Tayin edilmemiştir.

3.5.1.2 Klor Dioksit

Gelecek yıllar içinde araştırmacılar klor dioksit kullanımının önemli şekilde genişleyeceğini tahmin etmektedirler. Bu düşüncenin sebebi, klorit ve kloratların sağlık etkilerinin daha iyi anlaşılır olması ve klorit için maksimum kirlenme seviyesinin, makul bir konsantrasyona (1 mg/l) konulmasıdır. Serbest klor tarafından oksitlenebilecek bütün bileşiklerin klordioksit tarafından oksitlenebileceği söylenebilir. Bu kokular; toprak, küf, klor, ozon, çayır,saman, ağaç, bataklık-septik, rayiha, balık, hastane, kimyasal kokularıdır. Buna karşılık klor dioksit kullanımı tıbbi kokulara neden olmaz. Fakat klor dioksit geosmin ve metil isoborneol kontrolü için yeteri kadar kuvvetli bir madde değildir.

3.5.1.3 Ozon ve İleri Oksidasyon Prosesleri

Diğer oksitleyici maddelerin problemi çözmediği zaman en çok başvurulan tat ve koku teknolojisi ozonlamadır. Ozon, toprak, küf, klor, çimen, ağaç, bataklık, rayiha, balık, hastane, kimyasal kokuları meydana getiren bütün bileşikler oksitler. Hidroksil radikalının teşekkül ettiği yüksek pH seviyelerinde ozon, geosmin ve metil isoborneole etki ederek onları yok eder. Ozonizasyon yan ürünleri, genel olarak düşük molekül ağırlıklı aldehit ve ketonlar olup arıtılmış suda rayihali kokulara, örneğin meyve ve limon kokusuna benzer kokulara sebep olur. Son zamanlarda koku ve tat kontrolünde ileri oksitleme teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Ozon ve hidrojen peroksidin kombinezonu olan “peroxon prosesi” küf, çimen, toprak, klor, bataklık, rayiha, balık, hastane ve kimyasal koku maddelerinin hepsini de oksitleme kapasitesine de sahiptir. Bununla beraber hidroksil radikalini oluşturma fiyatını yüksekliği sebebiyle, klor ya da potasyum permanganat gibi ucuz oksitleyici madde, balık, bataklık, çayır ve ağaç kokusunu meydana getiren bileşikler gibi kolay oksitlenebilen bileşiklerin oksitlenmesi söz konusu olduğunda kullanılır (Muslu, 2001).

3.5.1.4 Potasyum Permanganat

Tat ve koku problemleri için klordan sonra ilk akla gelen oksitleyici maddelerden biridir. Bunun sebeplerinden biri, bu bileşiğin, klor dioksit veya ileri oksidasyon proseslerinde kullanılan maddelere nazaran daha ucuz olmasıdır. Ancak çok kuvvetli bir oksitleyici değildir. Geosmin ve metil isoborneolü parçalayamaz (Muslu, 2001).

3.5.2 Adsoplama

Adsorplama tat ve koku problemlerinin çözümü amaçlı kullanılmış ve çok pahalı bir yöntem olduğu görülmüştür. Adsorplama, oksitleme işleminde olduğu gibi, koku maddesini, bir sekilden diğerine sokan bir proses değildir. Ondan tamamen farklıdır. En emin adsorplama metodu, taneli aktif karbondan, yani İngilizce GAC (Granular Aktivated Carbon) dan yapılmış bir filtre yağı kullanmaktır. Bununla beraber son zamanlarda toz aktif karbon yeniden popüler hale gelmeye başlamıştır. Adsorplama prosesinin en fazla kullanıldığı haller. Toprak, küf, kimyasal ve tıbbi kokulardır. Bunlar oksitlenmeye karşı inatla direnç gösteren bileşiklerdir. İleri oksidasyon prosesleri adı altında yukarıda belirtilen tekniklerin kullanıldığı tat ve koku maddeleri için adsorplama metodu aynı derecede efektifir (Muslu, 2001).

3.5.3 Biyolojik Tasfiye

Günümüzde biyolojik tasfiye geçmişte olduğundan daha yaygındır. Avrupa'da A.B.D.den daha fazla kullanılmaktadır. Ozonun GAC ile kombinezonu veya ozonun herhangi bir taneli filtre ile birlikte kullanılması, biyolojik olarak stabil, klor ihtiyacı düşük bir suyun elde edilmesine ve şebekede çok daha az tad ve koku problemlerinin çıkmasına imkan verir (Muslu, 2001).

3.5.4 Membranlar

Günümüzde membranların ve malzemelerinin imal ve yapımında meydana gelen ilerlemeler sonucu membran ile su arıtımının maliyeti gittikçe düşmektedir. Yakın bir gelecekte membranların kullanımının daha da yaygınlaşacağı ön görülmektedir. Özellikle sularda mevcut tuz tadının gideriminde membranlar kullanılmaktadır (Muslu, 2001).

3.5.5 Nitrifikasyon Kontrolü

Biyolojik tasfiye kısmında da anlatıldığı üzere, son zamanlarda biyolojik bakımdan stabil bir su elde ederek şebekede belirli bir klor bakiyesi temin etmek üzere daha az klor kullanmak yönünde bir ilgi belirmiştir. Arıtılmış suda klor tadına karşı aboneler daha duyarlı olduğundan, doğabilecek şikayetler önlenmiş olacaktır. Son yıllarda dünyanın pek çok bölgesinde gittikçe daha fazla şişe suyu ve ev tipi su arıtma cihazlarının kullanılması abonelerin artık daha dikkatli ve memnuniyetinin zor olduğunu göstermektedir.

Nitrifikasyon, amonyağın önce bakteriler tarafından nitrite, sonrada nitratlara oksitlenmesi işlemidir. Yukarıda da belirtildiği üzere daha çok klor kolkusunu elemine etmek amacıyla kullanılır.

3.6 Alglerin ve Besi Elementlerinin Kontrolü

Yüzeyel sularda kullanılan belki de en bilinen ve en yaygın olarak kullanılan alg kontrol metodu bakır sülfat permanganat kullanılarak uygulanarak yapılan metottur. Kullanılacak bakır sülfat permanganatın dozu ve kullanım şekli, söz konusu haznenin özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Bakır sülfat permanganat kullanılırken oldukça dikkatli olmak gereklidir. Zira bu maddenin su ekosisteminde geniş etkileri mevcuttur (Muslu, 2001).

Alg onntrolünde bir başka metot da, alglerin gelişmelerini sağlayan besi maddelerinin miktarını azaltmaktır. Bu amaçla, besi elementi girişini azaltmak lazımdır. Azot ve fosfor giderilmesi, hatta bu maksatla hazneyi besleyen akarsuyun arıtılması yoluna da gidilebilir (Muslu, 2001).



3. UV İLE DEZENFEKSİYON SİSTEMLERİ

4.1 Ultraviyolenin Bulunuşu

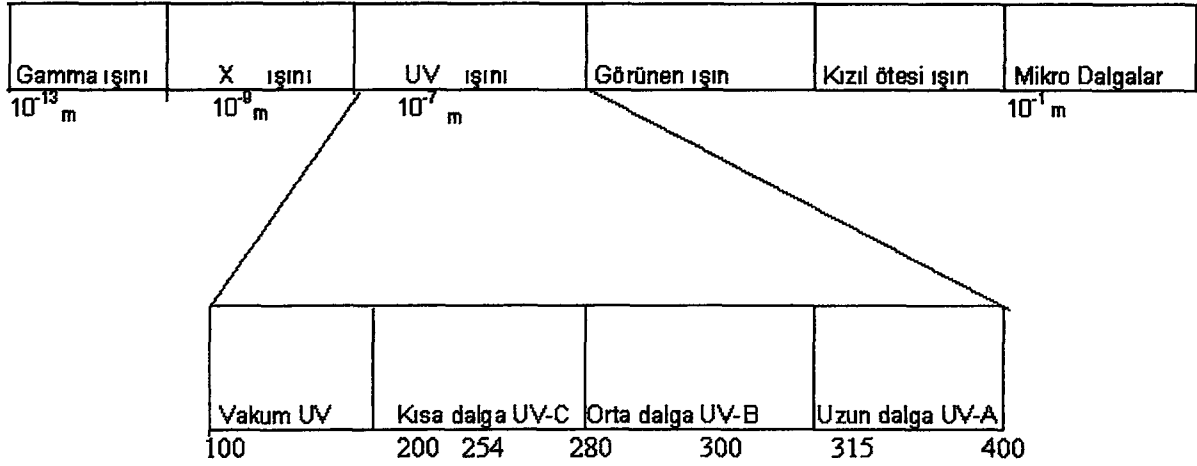
Ultraviyole ile ilgili ilk çalışmaları 1666 yılında Isaac Newton yapmıştır. Newton, güneş ışınlarını küçük bir holden geçirip karanlık bir odaya almış ve bu ışık hüzmesini prizmadan geçirip karşı duvara yansıtması sonucunda, oldukça berrak ve belirgin bir renk spektrumunun ortaya çıktığını gözlemiştir. Isaac Newton, daha sonra yaptığı pek çok deney ve araştırmalar sonucunda, beyaz ışığın farklı bileşenlerden meydana geldiğini ispat etmiştir (www.uvta.com.au).

1800 yılında Sör William Hershel, güneş ışınlarının bir kısmının insan gözüyle görülebilir nitelikte olduğunu ortaya koymuştur. Hershel bir ışık spektrumu yapmış ve bu spektrum üzerine bir termometre yerleştirmiştir. Yaptığı gözlemlerde, farklı renkler üzerinde benzer termometre değerleri okumuştur. Mor ışıktan kırmızıya doğru geçişte ise termometreden okuduğu değerde bir artış gözlemlemiştir. Kırmızı ötesinde, görünür bölgenin herhangi bir yerinde rastlanmadık biçimde termometrenin yüksek bir değer aldığını, bunun da gözle görülebilir bölgenin ötesinde şiddetli bir radyasyon olduğunu tespit etmiştir. Bu görülemeyen radyasyon spektrumun sonlarına doğru ve kırmızı ötesindedir. Günümüzde ise, bu olay infrared radyasyon adıyla bilinmektedir (www.uvta.com.au). 1801'de J. W. Ritter spektrumun diğer kısmının sonunu araştırmış. Mor ötesindeki koyu bölgede enerji meydana getiren kimyasal reaksiyonlar saptamıştır (www.uvta.com.au).

4.2 Ultraviyole Radyasyonu

Ultraviyole ışığına, kısa dalga boylu ışık veya UV-C ışığı da denmektedir. Ultraviyole ışınlarının miktarı tüm dünyada, ultraviyole radyasyonunun dalga boyu olarak (nm) ya da 10^{-9} m şeklinde ifade edilmektedir. Işık spektrumu Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

UV-A	:400 nm ile 315 nm aralığındaki dalga boyları
UV-B	:315 nm ile 280 nm aralığındaki dalga boyları
UV-C	:280 nm ile 200 nm aralığındaki dalga boyları
Vakum UV	:200 nm ile 10 nm aralığındaki dalga boyları



Şekil 4.1 Işık spektrumu

Güneş ışınlarının 280 nm dalga boyundan kızıl ötesi ışınlar kadar olan aralıktaki ışınları dünyaya ulaşır. Özellikle UV-A ve UV-B bandındaki radyasyon yeryüzüne ulaşmakta ve 290 nm dalga boyunda insan cildinde bronzlaşmayı ve ileri maruziyetlerde cilt yanıklarına sebep olur. 280 nm ile 290 nm arasında dalga boyunda D vitamini sentezi artmaktadır. D vitamini raşitizm adlı kemik hastalığına karşı koruyucu etki göstermektedir. UV radyasyonunun canlı hücrelerdeki en olumsuz etkileri 280 nm ile 240 nm arası dalga boyunda meydana gelmektedir. Dolayısı ile en güçlü mikroorganizma öldürücü etki UV-C bandındaki radyasyon tarafından meydana gelmektedir. 200 nm ile 100 nm arası dalga boyundaki enerji, vakum (ekstrem) UV radyasyonu olarak tanımlanmaktadır. UV-C ve Vakum UV bandındaki radyasyon ozon tabakası tarafından absorbe edilmektedir (Schmid vd., 1984).

Ultraviyole güneş yanıklarına neden olur. Bağışıklık sistemini zayıflatır. DNA'yı tahrip ederek hücre mekanizmasını bozar. Böylece deri kanserlerine sebep olur. Bu kanser vakalarında son yıllarda % 2 oranında artışlar meydana gelmiştir. Ozon tabakasının incilmesi ile UV radyasyonundaki artış bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkilere, neden olur. Antartika'da A.B.D üssünde 1988 yılında ilk defa yapılan gözlemlerle otraya çıkarılan yüksek seviyede UV radyasyonunun fitoplanktonlarda fotosentez için lüzumlu olan klorofil pigmentlerini tahrip ettiği ve deniz bitkilerinde büyüme hızını %30 nisbetinde düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu durum fitoplanktonlarla beslenen krill (kerevit), shrimp (karides) gibi hayvanları netice itibariyle Antartika'nın bütün besin zincirini tehdit etmektedir. Balık, balina, penguen gibi hayvanlar kerevite bağlı yaşamaktadır (Muslu;2000).

Dezenfeksiyon sistemlerinde kullanılan ultraviyole dozu, santimetre karedeki mikrowatt enerji cinsinden ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) ölçülür.

Yaklaşık öldürücü doz miktarı; bakteriler için 2500-26400 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$, mantarlar için 6600-17600 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$, algler için 11000 -330000 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$, virusler için 2500 -22000 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ dir. Birleşik Devletler Sağlık Örgütü içme suyu için uygulanması gerekli miktarı yaklaşık 16000 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ olarak kabul edilmektedir (www.uvta.com.açıkızelge 4.1' de canlı gruplarının inaktivasyonu için gerekli UV miktarı verilmiştir.

4.3 Ultraviyole Radyasyonunun Kaynağı

Ultraviyole kaynakları doğal ve suni olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Doğal UV kaynağı güneştir. Güneşten dünyamıza gelen ışınlar ozon tabakası tarafından filtre edilir. Güneşten gelen bu ışınların çoğu zararlı ışınlardır. Canlıların derileri üzerinde önemli zararlara yol açan bu ışınlar UV-B ve UV-C 'dir. Suni UV kaynağı olan ultraviyole cihazlarında temel olarak bu ışınların zararlı etkileri dezenfeksiyon aracı olarak kullanılmaktadır.

Suni ışık üretimi, elektrik enerjisinin elektromanyetik radyasyona dönüşümünden oluşmaktadır. Kullanılan UV-C radyasyonunun temel yapay kaynakları, enerji yükü boşalabilen tipte olan düşük civa basınçlı lambalar ve yüksek civa basınçlı lambalardır. Bu tip lambalarda elektrik akımı iki elektrot arasındaki civa yüklü inert gaz içerisinden akar. Civa iyonları elektrik akımı ile uyarılır ve karakteristik radyasyon üretir. Civanın uyarılması ile enerji yükünün boşalması, UV ışınlarının yayılmasına neden olur. Yüksek civa basınçlı lambalara nazaran düşük civa basınçlı lambalar daha düşük çevre sıcaklıklarında ve daha düşük elektrik güç ile işletilirler. Düşük civa basınçlı lambalarda, civa basıncı lambanın güç çıkışını etkilediğinden , çevre sıcaklığının belirli limitlerde kalması gerekmektedir. Bu lambalarda işletme sıcaklığı 40ila 50 °C arasında iken, yüksek civa basınçlı lambalarda işletme sıcaklığı 500 °C'den yüksek olabilir (EPA,1986).

Aktif durumdaki civa 185 nm dalga boyunda bir rezonans hattı yayar. Bu hat, havanın oksijenini iyonize edebilir, sonuçta istenmeyen ozon ve nitrik asitler oluşabilir. Bu nedenle özel quartz cam tüpler kullanılarak UV lambası içerisindeki radyasyon 200 nm dalga boyunun altına çekilmelidir (EPA,1986).

Çizelge 4.1 Mikroorganizmaların inaktivasyonu için gerekli ultraviyole enerjisi
(www.bio-tek.com).

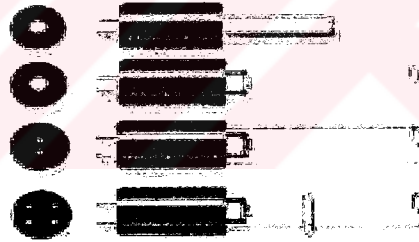
Bakteriler	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
<i>Bacillus Anthracis</i>	8700
<i>S. enteritidis</i>	7600
<i>B. Megatherium sp (veg.)</i>	2500
<i>B. Megatherium sp (spores)</i>	5200
<i>B. paratyphosus</i>	6100
<i>B. Subtilis</i>	11000
<i>Clostridium tetani</i>	22000
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	6500
<i>Eberthella typosa</i>	4100
<i>Escherichia</i>	6600
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	10000
<i>Psseudomonas aeruginosa</i>	10500
<i>Psseudomonas fluorscens</i>	6600
<i>Saimonella</i>	10000
<i>Dysentery bacili</i>	4200
<i>Staphylococcus aureus</i>	6600
<i>Shigella paradyseueriae</i>	3400
<i>Streptococcus hemolyticus</i>	5500
Mayalar	
<i>Sacchromyces ellipsoideus</i>	13200
<i>Brewers' yeast</i>	6600
<i>Bakers' yeast</i>	8800
<i>Common yeast cake</i>	13200
Sporlar	
<i>Penicillium roqueforti</i>	26400
<i>Penicillim expansum</i>	22000
<i>Mucor racemosus A</i>	35200
<i>Oospora lactis</i>	11000
Virüsler	
<i>Bacteriophage</i>	6600
<i>Influenza</i>	6600

UV radyasyon kaynağı olarak kullanılmasının temel nedeni, verdikleri enerjinin yaklaşık % 85'inin germisidal etki için gerekli olan optimum dalga boyunda (253,7 nm) olmasıdır (Waymouth, 1971, Schmitd, 1984). UV lambalarına ilişkin belirgin bir talep olmamasına karşın, floresan lamba teknolojisinin ticari gelişimi sonucu daha etkili ve ucuz UV kaynakları geliştirilmiştir. Sıvı içerisinde mümkün olduğunca homojen ve etkin dağılımı sağlamak amacıyla UV lambaları reaktörün iç kısmına konulabilir. Lamba sıvı ile temas edecek ise suyun soğutucu etkisini minimuma indirmek için lamba kuartz kılıf ile kaplanmalıdır (EPA, 1986).

4.4 Ultraviyole Dezenfeksiyonunda Kullanılan Ekipmanlar

4.4.1 Ultraviyole Lambası

Ultraviyole ile dezenfeksiyonda kullanılan en önemli ekipman ultraviyole lambasıdır. Ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemlerinde kullanılan UV lambalarının şekilleri Şekil 4.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Örnek UV lambaları (www. arbiol.com.tr)

Şekil 4.2'de UV dezenfeksiyon sistemlerinde kullanılan 185 ile 254 nm dalga boylu ışık kaynağı ve kutup bağlantıları görülmektedir. Ultraviyole dezenfeksiyon sistemlerinde kullanılan ultraviyole lambasının özellikleri:

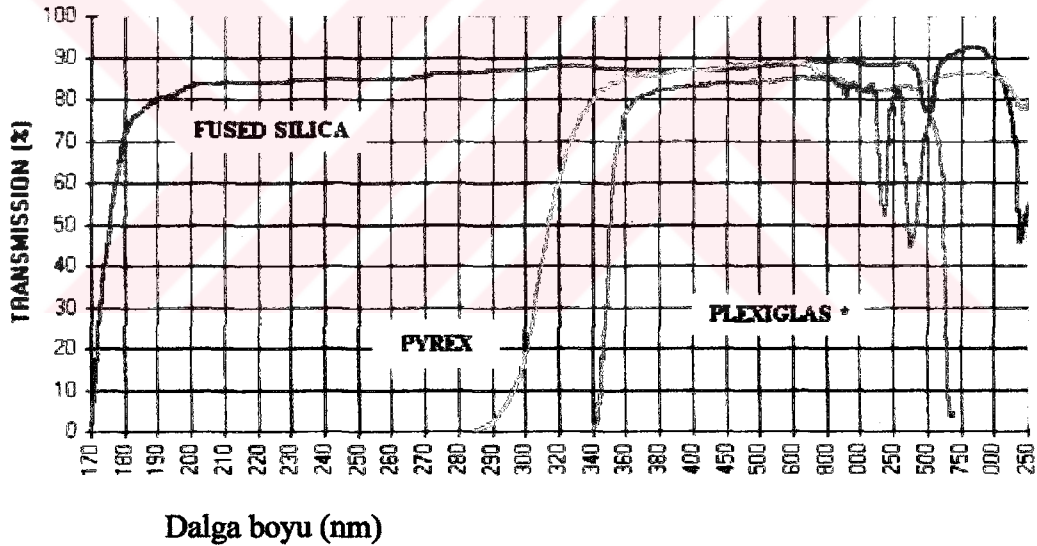
- Ultraviyole lambanın ömrü ortalama 9000 saattir.
- Ultraviyole ışınları dalga boyu 254 nm'dir.
- Ultraviyole lamba gücü 8 watt olmalıdır (www. arbiol.com.tr).

Aynı zamanda 254 nm dalga boyu insan sağlığını tehdit etmez. Bunun yanı sıra ultraviyole lambalarının çok az enerji sarfıyatı ile çalıştığı bilinmektedir .

Canlı mikroorganizmaları inaktive edecek olan dalga boyu 250 ile 270 nm arasındadır. Düşük basınçlı lambalar 253,7 nm dalga boyunda ışık yaymaktadır. Bu lambaların standart çapları 1,5 - 2,0 cm'dir. Lamba duvarının ideal sıcaklığı 95 ve 122 °F'dır. Orta basınçlı ultraviyole lambaları ise daha geniş kapsamlı çalışmalarda (sanayide) kullanılırlar. Bu lambalarla dezenfeksiyon daha hızlı ve canlı kalıtsal materyaline işleme kabiliyeti (penetration) daha yüksektir. Ancak yüksek enerji ihtiyacı ve yüksek lamba sıcaklığı gibi dezavantajlara sahiptir (EPA; 1999).

4.4.2 Quartz Cam Kılıf

UV cihazlarında kullanılan 185 ile 254 nm dalga boylu ışığın tamamını cihaz içindeki akışkana transfer edebilme yeteneğine sahip malzeme fused silika malzemeden yapılmıştır. Fused silika ile ilgili ışığın belli dalga boylarındaki geçirgenlik özelliği Şekil 4.3'de verilmiştir.

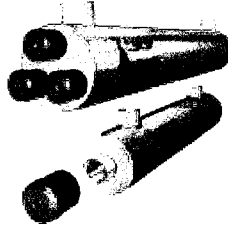


Şekil 4.3 Fused silica'nın geçirgenliğinin ışık dalga boyu ile bağıntısı(www.arbiol.com.tr)

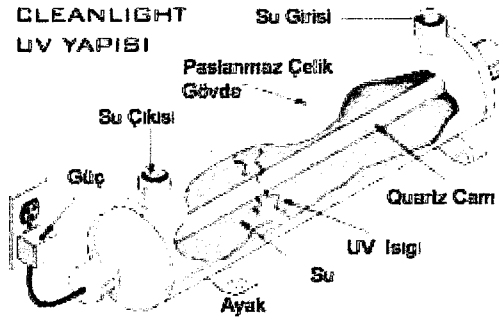
Şekil 4.3'te de görüldüğü gibi UV-B ve UV-C bandındaki ışığı en iyi geçiren kılıf malzemesi fused silicadır.

4.4.3 Ultraviyole Cihaz Gövdesi

Ultraviyole ile dezenfeksiyon cihazlarının gövde yapısı fark etmemekle beraber ebatları kullanılacağı alana göre (evsel ya da sanayi) değişebilir. Ultraviyole ile dezenfeksiyonda kullanılan cihazların gövde yapıları Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.4 UV cihazı gövde örneği (www. arbiol.com.tr)



Şekil 4.5 UV cihazı gövde yapısı (www. arbiol.com.tr)

4.5 Ultraviyole ile Dezenfeksiyonun Etki Mekanizması

UV radyasyonu ile yapılan dezenfeksiyon işlemi, bir kaynaktan gelen elektromanyetik enerjinin organizmanın kalıtsal materyaline transferine dayanan fiziksel bir işlemdir (EPA, 1986).

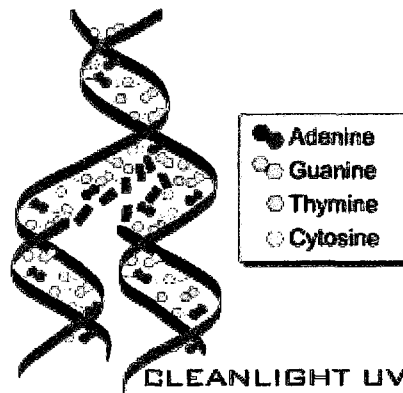
UV hücre DNA ve RNA'sını inaktive eder. DNA ve RNA bir hücrenin genetik bilgisinin depo ve transferinde görevli makro moleküllerdir. Hücre kuru ağırlığının % 5-15'ini oluştururlar. DNA ve RNA'nın monomeri nükleotiddir. Nükleotidlerin her biri, pürin ya da pirimidin adı verilen azotlu bir baz , pentoz şekeri ve fosforik asit molekülünden meydana gelir. Baz bileşiklerinde farklılık gösteren DNA ve RNA'nın temelinde dört farklı nükleotid vardır. Pürin bileşikleri, adenin ve guanin ile primidin bileşikleri DNA'da sitozin ve timin , RNA' da ise sitozin ve urasil'dir. Yani timin karakteristik olarak sadece DNA'da, urasil ise sadece RNA' da bulunur.

UV ışıması ile meydana gelen fotokimyasal hasarlar çeşitlidir ancak en belirgin hasar iki primidin molekülünün dimerizasyonudur (Angehrn, 1984; EPA, 1986). Şekil 4.6'da söz konusu dimerizasyon gösterilmektedir. Dimerleşme, DNA'nın aynı ipliği üzerindeki timin

molekülleri arasında meydana gelir. İplikciklerden birinin üzerinde komşu iki timin monomeri bulunmaktadır. UV ışınlarına maruz kaldığı sürece iki monomer arasında yeni bağlar teşekkül eder. DNA üzerinde bu şekilde pek çok dimer oluşur ve bu kopyalama işlemini oldukça zor bir hale getirir. İşte pirimidin molekülünün dimerizasyonunun esas etkisi, normal replikasyon işlemini bloke etmesidir. Replikasyon bu ekstrem durumu, replikasyonda bir hata meydana getirip, replike olamayan yavru mutant bir hücre meydana getirerek atlatabilir.

UV ışınması sonucunda sadece DNA'da meydana gelebilecek başka bir durum da hidrat formasyonudur. Pirimidin bazlarının hidrasyonu ile genetik şifrede bir değişiklik olması mümkündür. Bu durum Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

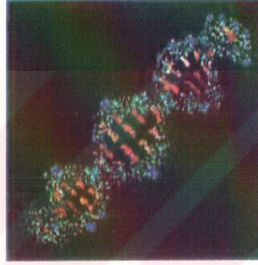
Özetle; mikroorganizmalar UV ışınlarının nükleik aside fotokimyasal hasar vermesi sonucu inaktive olurlar. Kısa dalga boyunda yüksek miktarlardaki UV radyasyonu hücrelerin RNA ve DNA'sı tarafından absorbe edilir. Ultraviyole ışığı özellikle primidin (sitozin "C" ve timin "T") moleküllerinin dimerleşmesini indükler. Timin ve sitozin dimerleri üç şekilde bulunabilir. Bunlar $T < > T$, $C < > T$ ve $C < > C$ şeklindedir. Ancak UV ışığı, hücre kalıtsal materyalinde özellikle timin nükleotidinin dimerleşmeyi indükler. Çünkü Timin molekülü germisidal etkiye sahip dalga boyundan daha fazla absorbe etmektedir (Harm; 1980). İkinci olarak, $T < > T$ dimerleşme eğilimi, $C < > T$ ve $C < > C$ dimerleşmesi eğilimine göre daha yüksektir (Patrick and Rahn, 1976; Giese ve Darby, 2000). Canlı DNA'sındaki aşırı miktardaki timin nükleotidinin dimerleşmesi Şekil 4.6 'da da görüldüğü gibi hücrenin kopyalama mekanizmasını engeller ve sonuçta hücre ölür.



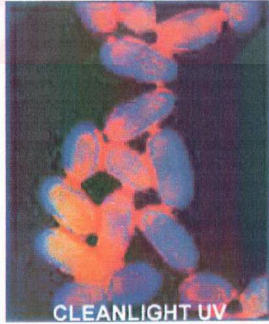
Şekil 4.6 Sarmal DNA yapısı kırılmış bir bakteri (www.arbiol.com.tr)

Ultraviyole dezenfeksiyon mekanizması; primidin dimerlerinde letal mutasyonlara ya da nükleik asitlerin kırılmasına neden olmaktadır. Şekil 4.7'de UV ışımaya maruz kalmadan önceki DNA sarmalı ile Şekil 4.8'de UV ışımından sonra bakteri DNA sarmalı gösterilmiştir.

Hücrenin replikasyon yeteneğinde kayıplara neden ola UV radyasyonu kesin olarak letal etki meydana getirmektedir. UV ışınları mikroorganizmadan geçen UV-C ışınları ile mikroorganizmanın fotokimyasal reaksiyonlarını durdurur. Bu olaydan hücre duvarı ve iç çeperi beraber etkilenirler (Angehrn, 1984). Daha öncede bahsedildiği gibi, germisidal aktivite inhibisyonu için etkin aralık 250 nm ile 265nm arasındadır.



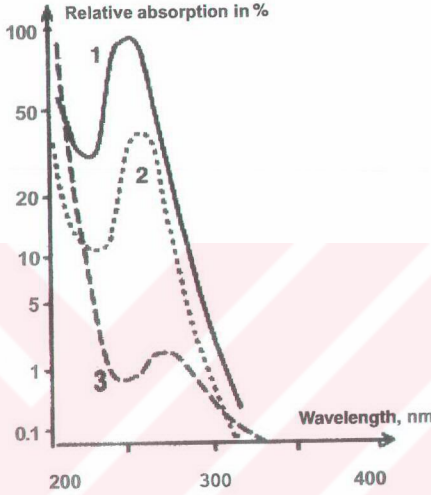
Şekil 4.7 UV ışımaya maruz kalmadan önce bakteri DNA sarmalı (www.aquafineuv.com)



Şekil 4.8 UV ışımından sonra bakteri DNA sarmalı (www.arbiol.com.tr)

UV ışımının bildirilen daha ileri etkileri, nükleik asitler ve proteinler arasındaki polimerizasyon, nükleik asit içerisindeki polimerizasyon ve iplikçiklerin kırılmasıdır (Mechsner, 1987)

Canlı hücre DNA ve RNA'sının absorbe edebileceği en yüksek dalga boyu 250nm ile 280 nm arasındadır. Bu absorbans değeri en fazla 300 nm'ye kadar düşer Canlı hücre DNA'sı, T4 fajı ve proteinlerin ultraviyole ışınlarından nası ve ne derece etkilendiği Şekil 4.9'daki grafikte görülmektedir.



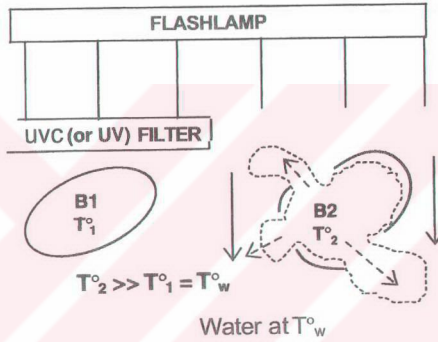
Şekil 4.9 Gerçek absorbans değerleri(1-Nükleik asit(DNA, RNA), 2-T4 Faj, 3- Protein)(Harm,1980).

Hasar gören veya ölen hücre miktarı, mikroorganizma tarafından absorbe edilen UV ışınının dozuna, UV ışınına maruz kalma süresine ve mikroorganizmaların UV ışınına karşı duyarlılığına bağlıdır.

UV ile dezenfeksiyon sistemlerinde genellikle düşük basınçlı civalı lambalar kullanılır. Bu lambalar 253,7 nm gibi kısa UV dalgaları oluştururlar. 253,7 nm dalga boyu bakteri, protozoa, fungus, mantar, nematod yumurtaları ve alg gibi mikroorganizmalarda letal etki meydana getirir.

Dezenfeksiyon için uygulanan optimum UV dalgaboyu 220 nm – 300 nm arasındadır. Bu dalga boyunda gelen ışınlar nükleik asit ve proteinlerce absorbe edilir. Absorbasyon sonucunda meydana gelen fotokimyasal değişiklikler, hücresel ölümlere neden olurlar.

UV'nin hücrede meydana getirdiği etkiler, bazı organizmalar tarafından tamir edilebilir. Bu konuda yapılan çalışmalardan, hücrede hasar gören DNA miktarı ve ardından gelen tamir mekanizmasının direkt olarak UV dozuna bağlı olduğunu göstermiştir. Düşük UV dozlarında hasara uğrayan hücreler, yüksek dozlarda hasara uğrayan hücrelere göre daha kolay tamir edilmektedir. Tamir mekanizması iki şekilde olmak üzere gerçekleşmektedir; fotoreaktivasyon ve karanlıkta tamir. Yüksek basınçlı ultraviyole lambaları ile yapılan deneylerde, 20 mikrosaniye gibi kısa bir temas süresinde bile, bakterilerin termal olarak ısındıkları ve bu artışa bağlı olarak hücre iç yapısının Şekil 4.10'da ifade edildiği gibi dağıldığı görülmüştür (Dunn vd., 1989)



Şekil 4.10 UV ile muamele edilen bakterilerin (B1 ve B2) ısı (T) artışına tepkileri (Dunn vd., 1989).

4.6 UV ile Dezenfeksiyon Uygulamaları

1800'lü yılların başlarında UV ışımına karşı ilgiler artmaya başlamıştır. Nükleer fizik araştırmaları, kimyasal analizler, fotokimyasal ölçümler ve biyolojik olarak kirlenmiş suların dezenfeksiyonu gibi alanlarda bir çok uygulamalar yapılmaya başlamıştır.

1910 yılında Marseille'de ilk UV dezenfeksiyon ünitesi inşa edilmiştir. Bu yapılan denemede, işletme ve bakımı kadar ünitenin dizaynının da pahalı olduğu, quartz lambaların güvenilir olmadığı görülmüştür. O yıllarda klor ile dezenfeksiyon yönteminin daha ucuz olması nedeniyle UV kullanımına bir süre ara verilmiştir. Bu ara 1940'lı yıllarda ilk gaz lambalarının endüstriyel üretimine kadar devam etmiştir. Su dezenfeksiyon uygulamaları

optimize etmek amacıyla yüksek ve düşük civa basınçlı lambalarda özel quartz kılıflar kullanılmaya başlanmıştır. İlk basınca dayanıklı UV tesisi 1955 yılında kurulmuştur.

1970 yıllarının sonuna doğru UV ile dezenfeksiyon teknolojisi hakkında üç ana rapor yayımlanmıştır (EPA,1976). U.S. EPA tarafından hazırlanan “Atıksuların Dezenfeksiyonunda Geçici İşbirliği Raporu”nda UV ile dezenfeksiyon işleminin potansiyel olarak arzu edilen alternatif bir yöntem olabileceği ifade edilmiştir. Tüm dezenfektanlar su ile kimyasal işlemlere girerken, UV ışınları böyle bir muamelede bulunmaz. Sonuçta da yan bir ürün meydana getirmez. UV ile dezenfeksiyon yeni bir teknoloji olması sebebiyle proses dizaynı ile ilgili bilgiler taslak halindedir. Pek çok avantajına rağmen UV, 1970’lerin ortalarına kadar klorlama işlemine alternatif olarak değerlendirilmemiştir. Ancak günümüzde Avrupa’da sayısı yaklaşık iki bine varan UV ile dezenfeksiyon yapılan içme suyu tesisi bulunmaktadır (EPA ,1986).

Ultraviyole içme suyu ve atıksu arıtımı amacıyla kullanılmaktadır. UV ile dezenfeksiyon sistemleri kozmetik, meşrubat endüstrisinde ve de medikal sistemlerde tercih edilmektedir. UV ışını hastanelerde, fabrikalarda, evlerde hem hava hem de su dezenfeksiyonu amacıyla uzun süredir kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda UV ışın kaynağı olarak yüksek civa basınçlı lambaların yerine düşük civa basınçlı lambaların kullanımının yaygınlaşması, reaksiyon sonucunda yan ürün meydana gelmemesi UV ile dezenfeksiyon sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır (Angehrn, 1984; Mechsner,1987; Wolfe,1990).

Yüzeyel suların endüstriyel atıklardan veya kazalardan oluşan sızmalar ve hava kirleticileri tarafından kirlenme olanağı yüksekken doğal sular genellikle halk sağlığı açısından zararlı maddeler içermez. UV dezenfeksiyon sistemlerinin, su dezenfeksiyonundaki potansiyel faydalarını Mechsner (1987) aşağıdaki gibi özetlemektedir.

1. Bütün mevcut mikroorganizmaları öldürme kabiliyetine sahiptir.
2. Yüksek standartta emniyetli bir işletme performansını garanti edebilir.
3. Dezenfeksiyon işleminin reaksiyon süresi kısa ve suyun UV maruziyet süresi kontrol edilebilir.
4. Bu dezenfeksiyon ortamında halk sağlığına ve çevresel kaynaklara etki edebilecek bir yan ürün meydana gelmez.

Araştırmacılar su dezenfeksiyonu için en uygun dizaynın daldırılmış quartz sistem olduğu sonucuna varılmıştır. UV dezenfeksiyon sisteminin düşük debi ve yüksek derinliklerde verimli çalışmadığı gözlenmiştir. Araştırmacılar bu çalışmaların absorbens katsayısının UV dezenfeksiyonundaki önemini gözlemişlerdir. Spektrofotometrik ölçümler ile atık suyun UV ihtiyacını 253.7 nm olduğunu, absorbens katsayısının suyun bulanıklığından veya AKM içeriğinden etkilenmediğini tespit etmişlerdir (Petrasek vd. 1980). Dezenfeksiyon işleminin verimliliği üzerine AKM içeriğinin etkisini Qualls vd. (1983) araştırmışlardır. Suyun AKM miktarının, UV'nin su tarafından absorplanmasına etki ettiği görülmüştür. Sadaki mevcut partiküllerin oluşturduğu bu ekstra yüzeylere mikroorganizmalar gizlenerek UV'den korunabilecekleri ve bu nedenle dezenfeksiyon veriminin olumsuz etkilenebileceği bildirilmiştir.

İçme sularının UV ile dezenfeksiyonu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. İlk olarak UV radyasyonunun mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiş ve bir takım mikroorganizmalar kullanılarak bilimsel testler ve kirlenmiş sulara yapılan çalışmalarla UV ile dezenfeksiyonun emniyetli bir metod olduğu tespit edilmiştir. (Anghern, 1984).

İçme sularının UV radyasyonu ile dezenfeksiyonunun kimyasal dezenfeksiyon metodlarına bir alternatif olup olmadığı da araştırılmış ve çalışmalar neticesinde içme suyunda bakiye kanserojen madde bırakmaması nedeniyle diğer kimyasal dezenfektanlara göre bir alternatif olduğu bildirilmiştir. (Gelzhauser, 1986).

UV ile dezenfeksiyon sistemlerinin işletme verimliliği üzerinde çalışmalar yapılmıştır. UV dezenfeksiyonu metodunun ikinci kademe arıtma çıkış suları dezenfeksiyonu amacı ile uygulanmasının oldukça etkin bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (White vd. 1986). Slade vd. (1986) virüs kirlenmesi olan bir yer altı suyunu klor ve UV ile ayrı ayrı dezenfekte etmişler, sonuçta 18 dakikalık temas süresinde, bakiye klor konsantrasyonu 1.25 mg/l çıkartıldığında bile 25.000 $\mu\text{watts}/\text{cm}^2$ 'lik UV dozunun daha etkili bir virüsiti olduğunu tespit etmişlerdir.

İçme suyu arıtımında UV ışınlarının diğer dezenfektanlara göre uygulanabilirliği araştırmacılar tarafından incelenmiştir. UV ışınının tat, koku gibi olumsuz özellikler ve sağlığa zararlı yan ürün meydana getirmediği belirlenmiştir (Mechsner, 1987)

Bu tezin hazırlanması sırasında ultraviyole ile dezenfeksiyon ile ilgili elde edilen bazı spesifik çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Ultraviyole düşük yoğunluktaki bulanıklık gösteren sularda içme suyu dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Patojen mikroorganizmaların çoğu, virüsler ve kistler klorla dezenfeksiyon işlemlerinde *E. coli*'ye göre daha dayanıklılık gösterirler. Bu nedenle ultraviyole ile dezenfeksiyon patojen mikroorganizmaları uzaklaştırmada klorla dezenfeksiyon işlemlerinden daha etkili olabilmektedir. Bunun yanında ultraviyole ile dezenfeksiyonun etkili olabilmesi bir çok faktöre bağlıdır. Bunların başında, lambanın kılıfı, dizaynı, özellikleri, kullanım süresi, dezenfekte edilecek suyun özellikleri ile su içindeki mikroorganizma tipleri ve temas süresi gibi faktörler gelmektedir.

Ultraviyole ile dezenfeksiyon mekanizmasının, canlı tarafından reaktivasyonu, fotoreaktivasyon esnasındaki enzim işleyişleri ve karanlıkta onarımla alakalıdır. Fotoreaktivasyon, DNA dimerlerinin kopyalanamaması ile sonuçlanır ve bu da 310 – 480 nm aralığındadır. Karanlıkta onarım ışık yokluğunda oluşur. Olay ultraviyole ışığının dimer yapımını engellemesi ile sonuçlanır(Shabon vd., 1997).

Shabon vd. 1997 yılında yaptıkları çalışmada iki farklı debide *E.coli*'yi UV'ye maruz bırakmışlar çalışma sonucunda düşük debinin yani uzun süre UV ile temasın canlıyı daha fazla etkilediğini ve DNA'daki harabiyetin daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Literatürde belirtilen uygulamalara göre, ultraviyole ile dezenfeksiyon işleminde etkin verim için aşağıdaki kriterlere uyulması gerekmektedir.

- Ham su daima temiz olmalıdır. Gerekirse bir filtrasyon işleminden geçirilmelidir.
- Suyun UV geçirirliliği sürekli ölçülmelidir. Eğer belli bir değerin altındaysa otomatik olarak sistem su alımını durdurmalıdır.
- Quartz kılıfın UV geçirgenliği belli aralıklarla kontrol edilmelidir.
- UV lambasının işletme süresi baştan beri kontrol edilmelidir.
- UV lambasının ışın şiddeti belli periyotlarla ölçülmelidir.
- UV ünitesi, suyun UV lambaları boyunca türbülanslı bir akışla geçmesini sağlayacak

şekilde dizayn edilmelidir.

- İşletmenin sürekliliği garanti edilmelidir. UV ışını, her su molekülü için sabit bir maruz kalma süresi garanti edebilmelidir.
- İşletme esnasında problem çıktığında tesisin otomatik olarak devreden çıkmasını sağlayan bir sigorta sistemi dizayn edilmelidir.

4.7 Ultraviyole ile Mikroorganizma Etkileşimi

Ultraviyolenin şu an ki bilgilerimizle % 99 oranında vejetatif bakterileri inaktive ettiğini söyleyebiliriz (Chang, 1985). Virüsler ve sporlar *E. coli* ile karşılaştırdığımız zaman ultraviyoleye karşı 3 – 4 kat daha dayanıklıdır. Dayanıklılık yönünden bir karşılaştırma yapıldığında spor formalar *C. tropicalis* > *S. aureus* ,*E. coli* , *S. typhimurium* şeklinde sıralanmıştır (Kawamura, 1986).

Alglerin UV radyasyonu ile etkileşimi üzerine ilk çalışmalar, alglerinde mikroskopik incelemelerde ultraviyolede etkilendiği gözlenmesidir. Matulova (1991) *Scenedesmus quadricauda* 'nın gama ışımasına karşı hassasiyet gösterdiğini saptamıştır.

Microcystis aeruginosa kültürü ile yapılan çalışmalarda UV ile temas süresi incelenmiş, 20 sn ultraviyole radyasyonuna maruz bırakılan kolonilerin yapılanması ve şeklinde farklılık ortaya çıkmazken, bir dakikalık muamelede koloninin daha küçük parçalara ayrıldığı mikroskopik incelemelerde ortaya çıkmıştır.

Shabon vd.1997 yılında Nil Nehri'ndeki mikrobiyal komünelere ultraviyolenin etkisi üzerinde yaptıkları çalışmalarda, 20 ile 60 sn'lik temas sürelerinde ultraviyole radyasyonunun mikroorganizmaları etkilendiğini tespit etmişlerdir. Ancak bira mayası ve *Aeromonas*'ların ultraviyoleye daha toleranslı davrandıklarını da gözlemlenmişlerdir. Fitoplanktonlara daha uzun süreli UV radyasyonu uygulanmış filamentli olan algler örneğin, *Melosira granulata* ve *Cylindrospermum* gibi türlerin kısmen UV' den etkilendiği gözlenmiştir (Johnston vd., 1999).

Scenedesmus obliquus ve *Microcystis aeruginosa* üzerinde yapılan UV çalışmaları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda, ultraviyoleye maruz kalan kolonilerdeparçalanmaların meydana geldiği görülmektedir.

Shabon vd. (1997) yaptıkları çalışmalara göre; 5-20 NTU bulanıklık ihtiva eden su, 20 sn ya da daha fazla ultraviyole ile muamelede bakterilerin ve alg zincirlerinin etkilendiği gözlenmiştir.

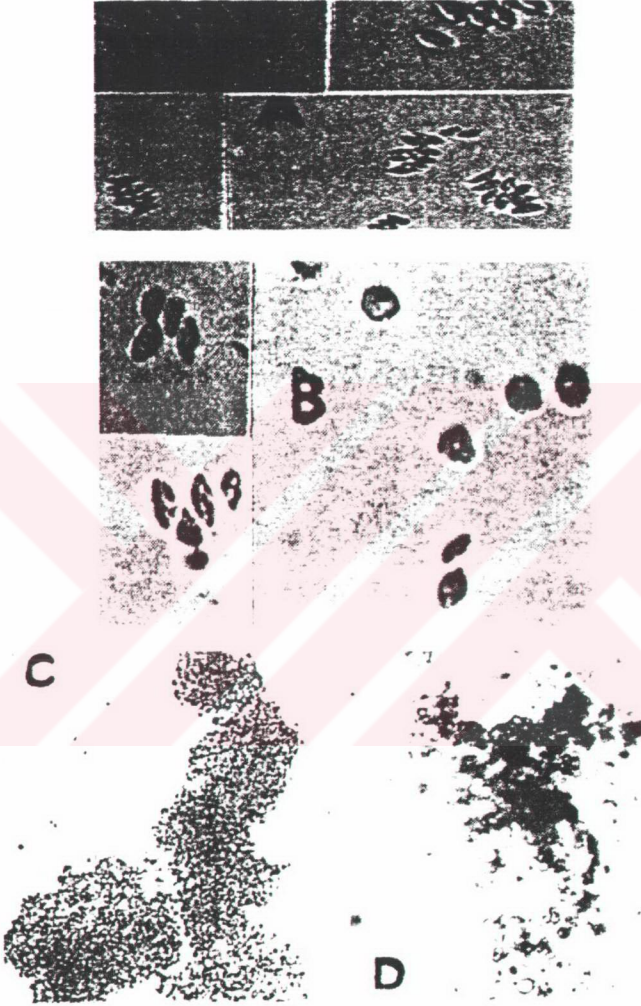
Virüsler , spor formdaki bakteriler ve kistler en yaygı koliform olan *E. coli*'nin inaktif olması için gereken dozdan 3'e 4; 10 ve 15 defa daha büyük dozlara direnç göstermektedir. (Chang 1985) Protozoa kistlerinin de ultraviyoleye karşı hassas olmadığı bildirilmiştir. (Lorenzo-Lorenzo, 1993; Rice ve Hoff, 1981) Buna karşın son yapılan çalışmalar *Cryptosporidium* kistlerinin az da olsa hassasiyet gösterdiği bildirilmiştir. (Bukhari, 1999; Clancy 1998)

4.7 Bulanıklık ve Ultraviyole Etkileşimi

Bulanıklık testlerde canlının ultraviyoleye olan hassasiyetinde belirgin bir azalma meydana geldiği bilinen bir gerçekliktir. Ancak algler ile yapılan çalışmalarda, su kaynağının bulanıklık durumunun UV ile olan etkileşime direkt etki yaptığı ortaya çıkmıştır. Fakat fitoplanktonlarda durum biraz daha farklıdır; 20 NTU da sadece ultraviyoleye karşı hassasiyet göstermektedirler. Bulanıklıktaki 5-20 NTU arasındaki değişiklikler hassasiyeti 20 den 9'a indirmektedir (Huff ,1987). Düşük bulanıklık algler içinde ultraviyole ile dezenfeksiyonda için daha uygundur.

Suyun bulanıklık değeri 5 NTU'dan fazla olduğu durumlarda ultraviyole ışınlarının etkisi geri dönüşümlü olabilmektedir. Bu geri dönüşüm mikroorganizmaların enzimatik fotoreaktivasyon prosesleri ile ilgilidir. Mikroorganizmaların enzimatik fotoreaktivasyon prosesi, karanlıkta onarım prosesinden daha hızlıdır.

Virüsler , spor formdaki bakteriler ve kistler en yaygı koliform olan *E. coli*'nin inaktif olması için gereken dozdan 3'e 4; 10 ve 15 defa daha büyük dozlara direnç göstermektedir. (Chang 1985) Protozoa kistlerinin de ultraviyoleye karşı hassas olmadığı bildirilmiştir. (Lorenzo-Lorenzo, 1993; Rice ve Hoff, 1981) Buna karşın son yapılan çalışmalar *Cryptosporidium* kistlerinin az da olsa hassasiyet gösterdiği bildirilmiştir. (Bukhari, 1999; Clancy 1998)



Şekil 4.9 UV'nin *Scenedesmus obliquus* ve *Microcystis aeruginosa* üzerine etkileri (A-C normal, B-D UV sonrası ayrılmış koloniler)(Shabon vd., 1997).

UV dezenfeksiyon çalışmaları paraziter organizmalar üzerinde de yapılmıştır. Ultraviyolenin paraziter mikroorganizmaları inaktive etmede birinci mekanizması, hücresel moleküllerin içindeki biyomoleküllerde bir defekt meydana getirmesidir. Özellikle DNA üzerindeki olumsuz etkiler çok önemlidir. DNA organizmanın konak içinde çoğalmasını sağlar. İçme sularının dezenfeksiyonunda, en önemli özellik parazitlerin insanı enfekte edip, onu konak olarak kullanmasıdır. İnfektivite analizleri hayvanlar kullanılarak yapılmıştır. Örneğin, *Giardia muris* C3H/HeN fare modeli bu amaçlı kullanımlarda en iyi örneği teşkil eder. Çünkü fareler parazitlere çoğalma ve tüm hayat evrelerini geçirebilme olanağını sağlar. Diğer taraftan, laboratuvarlardaki ölçümlerde parazit evreleri yaşam döngülerinin yalnızca bir evresidir. Sadece parazitler laboratuvar ortamında kist halinde bulunamazlar ve ölürlür (Finch vd.,2000).

Söz konusu çalışmada ultraviyole ışımaya dayanıklı *G. muris* kistleri hücre dışı ortamda kist oluşturabilirler ve enfeksiyonu bir konakta meydana getirebilirler. Örneğin çeşitli ultraviyole ışırma denemelerinde farklı örneklerde infektivite oranı %10'dan az iken kistleşme oranı % 80'den fazladır. Bunun açıklaması; parazit DNAlarının invitro koşullarda kist oluşturma eğiliminde olmasıdır. Bu şekilde başarılı bir şekilde ultraviyole absorpsiyonunu elemine eder. Fakat UV DNA replikasyonunun başarısını engeller ve böylece parazitin farelerde üremesi ve yayılması önlenmiştir (Finch vd.,2000).

Kolon filitrasyonu sonrasında ultraviyolenin içme suyundaki fiziksel ve kimyasal etkilerini araştırmışlardır. (Serpieri vd.,2000)

Koln filitrasyonu deneyleri boyunca araştırmacılar, bakteri miktarının zaten oldukça az olduğunu kaydetmişlerdir. Bu değeri ortalama 36 °C 'de 3 bakteri/ ml ve 22 °C 'de 1 bakteri /ml'iken kolon filitrasyonundan sonra toplam bakteri miktarının arttığı gözlenmiştir. Bu da, bakterilerin aktif karbon filitrelerinde kolaylıkla çoğalabilmelerinden kaynaklanmaktadır. Filitrasyondan sonra içme suyu yüksek oranda baktriler tarafından kontaminasyona uğrasa bile ultraviyole ışımından sonra bakteri konsantrasyonu çok düşük bir seviyeye inmetedir (Serpieri vd.,2000)

4.9 Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Sistemlerinin Kullanıldığı Yerler

Ultraviyole ile dezenfeksiyon aşağıda bahsedilen alanlarda yaygın olarak, başarı ile kullanılmaktadır:

- Evlerde şehir şebeke suyunun veya kuyu suyunun dezenfeksiyonunda.
- Fabrikaların içme kullanma suyu dezenfeksiyonunda .
- Gıda ve sağlık sektörlerinde sterilize edilmiş su ihtiyacı olan yerlerde.
- Ürün kalitesinin ve suyun biyolojik yapısının ve tadının kesinlikle bozulmaması gereken meşrubat sanayii, içme suyu şişeleme, şarap endüstrisi ve bira sanayii vb. yerlerde.
- Klorla karşı hassas ve mikropsuz ortam isteyen süt, peynir ve yağ endüstrisinde.
- Ultraviyole dezenfeksiyonu, klorun bulunmaması gereken, elektronik, eczacılık ve kozmetik endüstrileri ile hastaneler ve laboratuvarlar gibi mikrobik savaşın önemli olduğu ünitelerde ve atıksuların temizlenmesinde.
- Su ile ön temizleme yapılan sebze, meyve ve et benzeri maddelerin konservelenmesi sırasında.
- Süs ve balık havuzlarındaki mikrop, alg ve yosun giderilmesinde.

4.10 Ultraviyolenin Türkiye’deki Kullanımı

Ülkemizde henüz ultraviyole sistemleri ile su dezenfeksiyonu ile ilgili geliştirilmiş bir dizayn prosedürü ve dezenfekte edilecek suyun kalitesine bağlı olarak belirlenen bir UV dozu ile ilgili standartlar mevcut değildir. Bu sebeple her hangi bir UV dezenfeksiyonunun amaçlanan dezenfeksiyon verimine ulaşabilmesi için gerekli veri yetersizliği söz konusudur.

Ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemleri Türkiye’de ev tipi su arıtma cihazlarında kullanımı gittikçe yaygınlaşmıştır. İstanbul’da İSKİ yüzeyel su kaynaklarından elde ettiği içme suyundaki biyolojik arıtmada daha ziyade kimyasal metotlar kullanmasına karşın, acil durumlar için büyük kapasiteli UV dezenfeksiyon cihazını da tesislerine monte ettirmiştir.

5. DEZENFEKSİYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

5.1 Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Sisteminin Kimyasal Dezenfektanlarla Karşılaştırılması

Ozon ile dezenfeksiyonun avantajları:

- Klorla karşılaştırıldığında ozonun reaksiyon hızının daha yüksek olduğu görülmektedir.
- Klor sudaki amonyak mevcudiyetinden ve pH'dan etkilenirken ozon bu durumdan etkilenmez.
- Ozon klorun reaksiyona girmedigi ya da giremediği maddelerle reaksiyona girebilir. Bunlar; suya renk, tat, koku veren maddeler, demir, mangan, siyanür, fenol gibi evlerden, tarımdan, endüstriden kaynaklanan ve çoğu durumda su arıtımında giderilmesi zor olan maddelerdir.
- Ozon saf ve çevreye dost bir oksidant sayılabilir. Çünkü suya direkt yabancı materyaller vermez. Klorlama sonucu ortaya çıkan çeşitli hidrokarbonlar, kloraminlar ve klorofenoller gibi toksik maddeler ve rahatsız edici reaksiyon ürünleri oluşturmazlar.
- Ozonla su arıtımında kimyasal çamur üretilmez.
- Arıtma sisteminde alg büyümesinin kontrolünde kullanılır. Havuz filtrelerindeki büyüme, ön ozonlama ile önlenir. İki safhada ozonlama, yani tesisin başında ve arıtma prosesin ortasında ozonlama yapılması, bu problemin üstesinden gelmek için yeterli olabilir (EPA; 1999)

Ozonla dezenfeksiyonun bir takım dezavantajları vardır.

- Su içinde ozonun hızlı bir şekilde ayrışması ters etki meydana getirmektedir. Çünkü suda artık ozon muhafaza edilmediğinden, suda sonraki safhalarda oluşabilecek organizmalar tehlike oluşturabilir. Bunun için ozonlamadan sonra son klorlama işlemi gerekmektedir.
- Ozonlamanın etkisi su kalitesine bağlıdır. Yüksek oranda organik maddelerin bulunduğu ortamda verimlilik dikkat edilir şekilde azalır ve ozon tüketimi artar.Çünkü

ozonun okside etme etkileri seçici değildir ve ozonun büyük bir bölümü hedef dışı olan bileşiklere gider. Böylece istenilen hedefte başarısızlığa uğranır. Bu nedenle ozonlama yapılmadan önce labozatuvar ve pilot tesis çalışmaları yapılmalıdır.

- Ozon kararsız bir gaz olduğu için yerinde üretilmelidir.
- Ozon üretme ekipmanlarının ve temas kolonlarının yatırım maliyetleri yüksektir (EPA, 1999)

Klor gazı ile yapılan dezenfeksiyonda;
Klor gazı pH =3'den büyük olması halinde önce,



Sonra HOCl,



Denklem (5.1) ve (5.2)'deki reaksiyonlar geri dönüşümlü reaksiyonlardır. Her ikisinde suyun pH değerine bağlı olarak faaliyet gösterirler. Denklem (5.1)'deki reaksiyon daha çok düşük pH durumlarında HOCl oluşturma eğilimindedir. Denklem (5.2)'deki reaksiyon ise yüksek pH'larda hipoklorid meydana getirir. HOCl (hipokloröz asidi), OCl^- (hipoklorid) iyonuna göre 40 ile 80 kat daha iyi dezenfeksiyon etkisi gösterir. Serbest klor suya hipoklorik asit tuzları olarak da verilebilir.

Kalsiyum hipoklorid olarak verilirse,



Sodyum hipoklorid olarak verilirse,



Sonuçta her iki bileşikte denklem (5.3) ve (5.4) de görüldüğü gibi dezenfektan etkisi olan HOCl 'ye dönüşürler.

Suda bulunabilecek azot bileşikleri ile kolaylıkla reaksiyona giren HOCl sırası ile monokloramin, dikloramin ve azottrikloramin bileşiklerini meydana getirir. Bu tür klorlara birleşik klor denir ve sağlık açısından zararlıdır.

Suya verilen klorun fazlasının ve bileşik haldeki klorun sudan alınması için kükürt dioksit kullanılabilir. Kükürt dioksit, klor ve klor amin bileşenleri ile hızla reaksiyona girmektedir.



Denklem (5.6)'da görülen hidroklorik asit ile sülfirik asit suyun alkaliliği tarafından nötrleştirilir.

Granül ve toz halindeki aktif karbon da iyi bir klor alma vasıtası olarak kullanılır. Granül haldeki aktif karbon tanecikleri sudaki kloru gözenekleri içine çeker ve bundan sonra klorla, denklem (5.8)'deki reaksiyonu verir.



Havalandırma metodu ile de bağımsız klorun uzaklaştırılması söz konusu olabilir.

Klor gazının boğaz, burun ve dilde tahriş etkisi meydana getirdiği bilinmektedir. Fazla miktarda klor gözleri yakar, öksürtür ve teneffüsü güçleştirir. Klor konsantrasyonu %1 olan hava teneffüs edilecek olursa insanı öldürebilir. Şayet uzun zaman teneffüs edilir ya da gaz miktarı fazla olursa buna maruz kalan kimse heyecana kapılır, gırtlak yanar, burnu akar ve ağzından fazlaca salya gelir. Şayet tesir daha fazla ise bulantı ve kusma meydana gelir, öldürebilir. Bu nedenle büyük bir itina ile tatbik edilmeli ve kullanımlar sırasında tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirler kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1- Gaz maskesi kullanılmalıdır.
- 2- Klor kapları sık sık sızıntıya karşı kontrolden geçirilmelidir.
- 3- Klor tüpleri emniyetle doldurulmalı, fazla tazyikin bulunmamasına dikkat edilmelidir.
- 4- Klor kokan bir yerden asla eğilmeden, derhal uzaklaşmak gereklidir.

- 5- Klor tüplerinin muhafaza edildiği depoda vantilasyon tertibatı bulundurulmalıdır. Bu tertibat temiz havayı yukarıdan alıp aşağıdan (döşeme hizasından) dışarıya atmalıdır. Havadan ağır olup oda zemininde biriken klor gazı ancak bu sayade atılabilir.

Ülkemizde halen en yaygın dezenfeksiyon aracı olarak kullanılan klorun suya ilavesi ile kanser yapan bileşikler dahil olmak üzere zararlı bir takım bileşikler meydana gelebileceği henüz yeni yeni anlaşılmaya başlamıştır. Buna rağmen klorun yaygın olarak kullanılmasının sebebi nispeten ucuz olması ve tatbikinin kolay olması sayılabilir.

Dezenfeksiyona etki eden temel faktörler; temas süresi, dezenfektan maddenin konsantrasyonu, organizma sayısı ve diğer faktörler önemli etkenlerdir. En çok kalsiyum hipoklorid $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ve sodyum hipoklorid NaOCl kullanılmaktadır. Piyasada kireç kaymağı olarak bilinen $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 'dir ve % 34 klor içerir.

Piyasada satılan değişik oranlarda saflık derecesi olan sıvı ve granül klor vardır. Bu klorlar suyun durumuna göre farklı konsantrasyonlarda tatbik edilir. Dozlama genelde dozaj pompası ile yapılır ve klor belirli bir süre beklemelidir. Az miktarda verilen klor tam dezenfeksiyon yapamaz, fazla miktarda verilmesi ise sağlık açısından olumlu sonuçlar meydana getirmez (EPA, 1999)

Yüzeyel suların dezenfeksiyonunda pek çok kimyasal madde (dezenfektan) kullanmak mümkündür. Her dezenfektan özel kullanım alanlarına sahiptir. Yaygın olarak kullanılan dezenfektanları klor, kloramin, ozon olarak sıralayabiliriz. UV ile dezenfeksiyonun dezenfektanlara alternatif olup olmadığı pek çok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. (Wolfe, 1990; Carnemic, 1994) yapılan çalışmaları Çizelge 5.1'de özet olarak verebiliriz.

Çizelge 5.1 Çeşitli su dezenfeksiyon metodlarının karşılaştırılması (Angehern, 1984).

Birim	UV	Ozon	Klor
Reaksiyon süresi	1-10dk	10-20dk	30-50dk
Reaksiyon tankı	gerekmez	gerekli	gerekli
Koruma	minimum	maksimum	ortalama
İnşaat-Tesisat	basit	komplike	komplike
Askıda katı maddelerin etkisi	fazla	fazla	fazla
Sıcaklığın etkisi	yok	fazla	fazla
pH'nın etkisi	yok	düşük	fazla
Suyun doğal yapısına olumsuz etki	yok	var	var
Korozyon	yok	var	var
Toksiste	yok	var	var
İşletme maliyeti	düşük	yüksek	düşük

UV ışığının, suda sağlığa zararlı olarak artan mutajenik bir etki göstermediği anlaşılmıştır (Zoeteman, 1982). Ayrıca UV ile dezenfeksiyonun suda koku, tat ve renk bozulmasına neden olmadığı bildirilmiştir (EPA,1983).

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1 Giriş

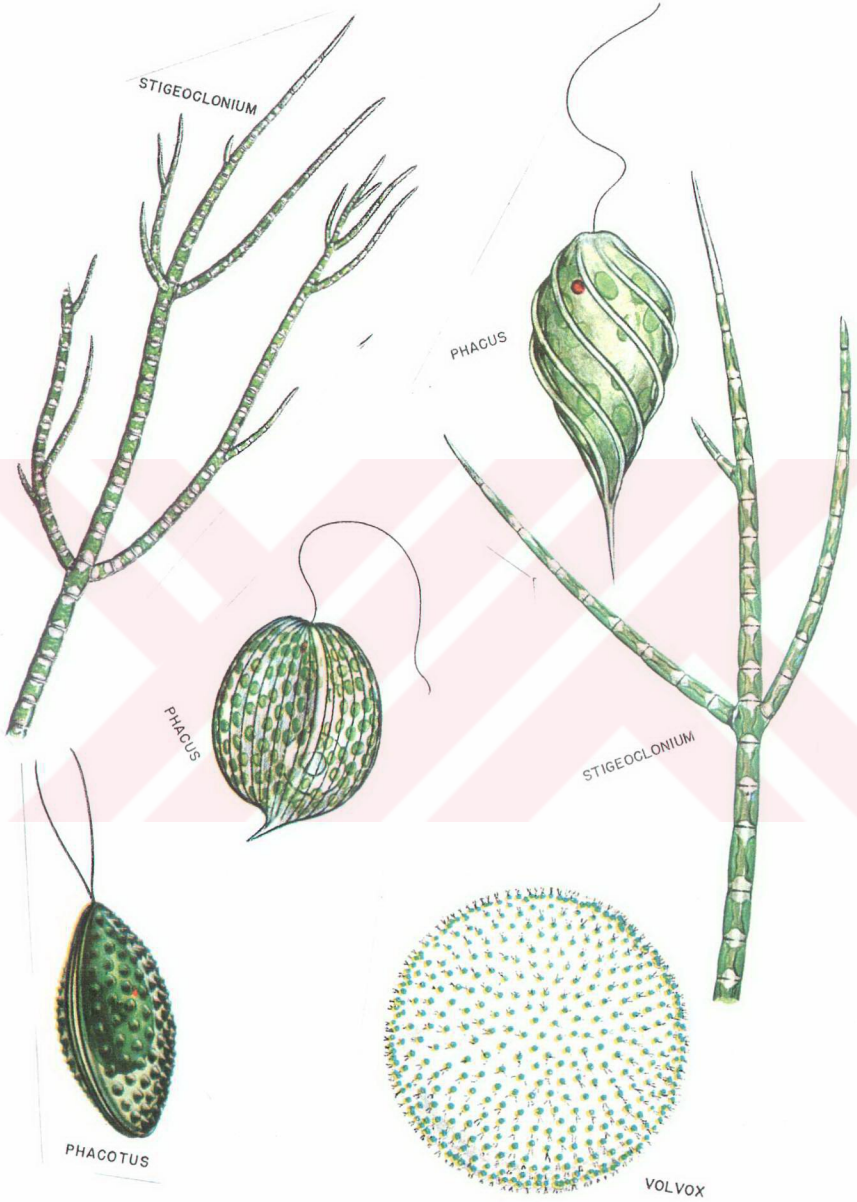
Ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemlerinin, literatürde yapılan deneysel araştırmalar sonucunda mikroorganizmalar üzerinde etkili oldukları görülmüştür. Çeşitli dozlardaki ultraviyole ışınlarının canlı DNA ve RNA'sı üzerinde olumsuz etki meydana getirdiği bilinmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemlerinin bakteri, virüs, sporlar üzerindeki çalışmaların geniş yer aldığı görülmüştür. Buna karşın sularda koku ve tat oluşumuna neden olan alglerle ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemleri ile yapılmış çalışmalar azdır. Alglerle ilgili bu alanda yapılmış olan çalışmalara değişik bir bakış açısından bakmak için bu canlıların ultraviyoleye karşı davranışları deneysel çalışmalarda ele alınmıştır. Koku ve tat problemine neden olan algler için ultraviyolenin alternatif bir yöntem olup olamayacağı tartışılmıştır.

6.2 Kullanılan Yöntem ve Teknikler

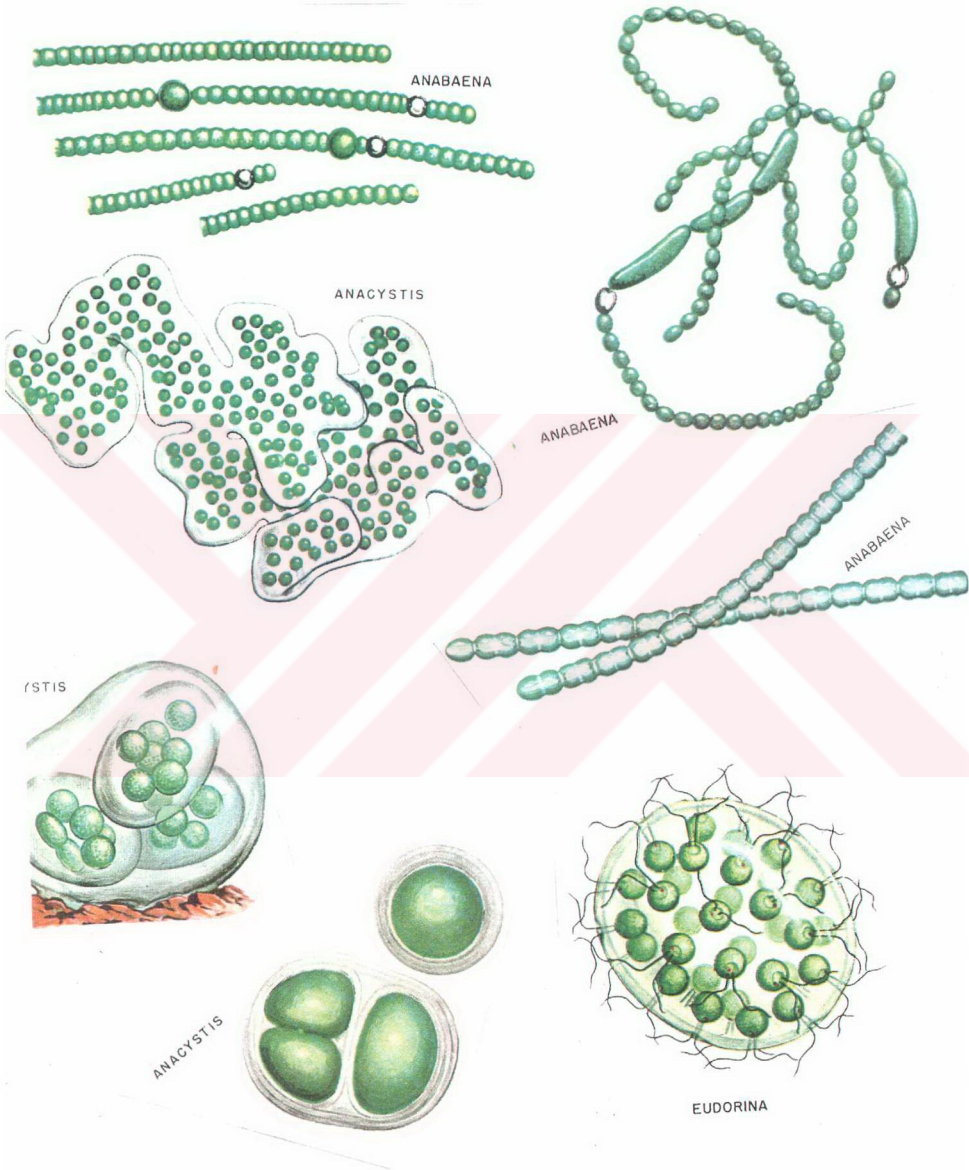
6.2.1 Deneyde Kullanılan Numune

Algler bilindiği gibi su içinde uygun koşullar sağlandığında üremesi oldukça basit ve hızla gelişen yapıda canlılardır. Evlerde dahi bir bardağa su doldurup birkaç gün güneş ışığı alan bir yerde bekletildiğinde bardağın kenar ve dip kısmında yeşilimsi renkte tortu şeklinde beliren algler hemen göze çarpar.

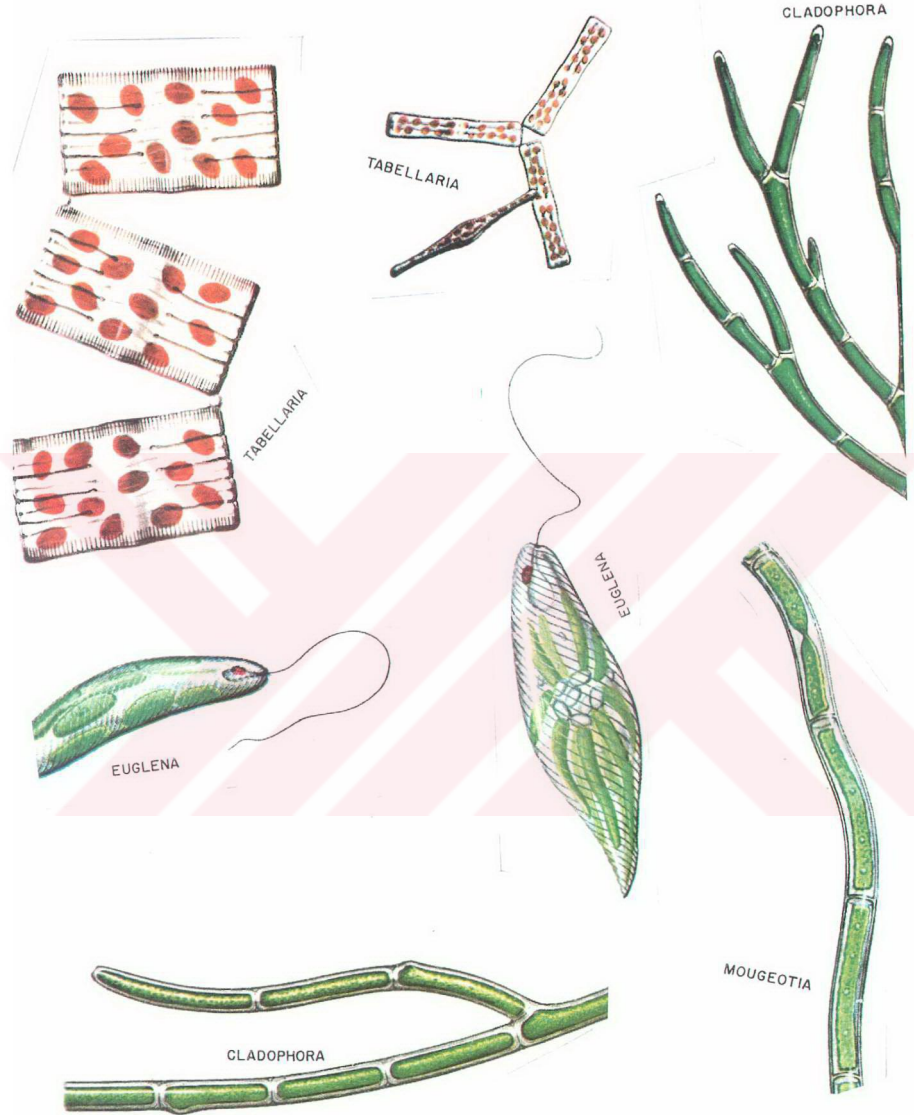
Deneysel çalışmada kullanılan su numunesi, Yıldız Sarayı Hasbahçe Havuzundan temin edilmiştir. Su numunesinin mikroskopik olarak incelenmesi sonucunda, *Phacus sp.*, *Annabaena sp.*, *Anacystis sp.*, *Tabelaria sp.*, *Euglena sp.*, *Stigeoclonium sp.*, *Mougeotia sp.*, *Cladophora sp.*, *Volvox sp.* ve *Eudorina sp.* alg türlerine rastlanmış ve bu türlerin morfolojileri Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Numunenin başlangıçtaki klorofil-a miktarı ölçülmüş 18,66 mg/m³ olarak kaydedilmiştir. Başlangıçtaki renk ve bulanıklık değerleri de ölçülmüş ve bu değerlerin 44 HZ ve 16 NTU olduğu görülmüştür.



Şekil 6.1 *Phacus* sp., *Stigeoclonium* sp. ve *Volvox* sp türlerinin morfolojisi (Lenore vd.,1995)



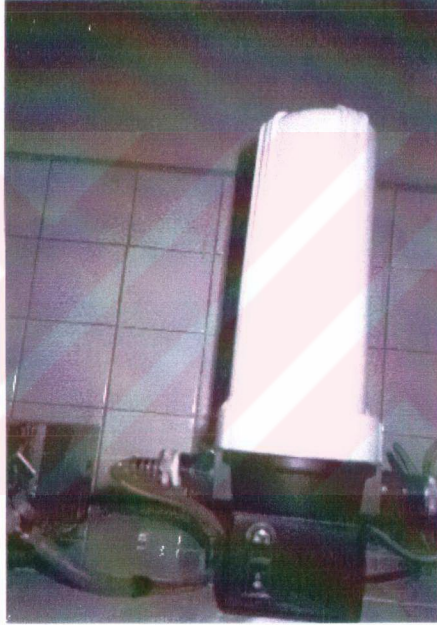
Şekil 6.2 *Anabaena* sp, *Anacystis* sp, ve *Eudorina* sp türlerinin morfolojisi (Lenore vd.,1995)



Şekil 6.3 *Tabelaria* sp, *Euglena* sp, *Mougeotia* sp, *Cladophora* sp, türlerinin morfolojisi (Lenore vd.,1995)

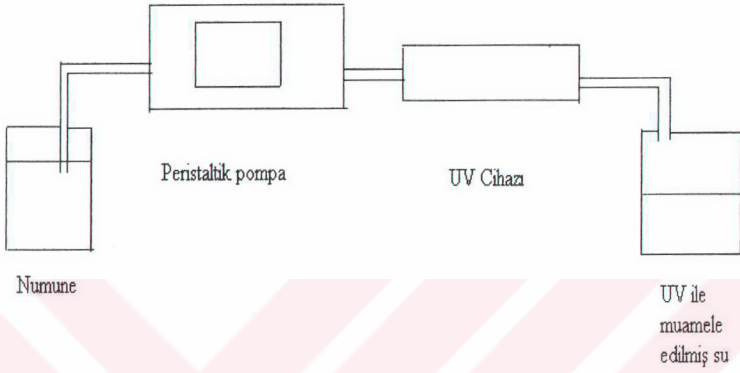
6.2.2 Deney D zeneg i

Ultraviyolenin algler üzerine etkisini tespit edebilmek için 254 nm dalga boylu    k yayan ultraviyole cihazı kullanılmıştır. Kullandığımız bu cihaz 6 watt değerinde elektrik ener isi kullanmaktadır. Cihazın ana materyali olan ultraviyole lambası, 30 s/ cm² zelli indedir. Ultraviyole cihazının i  hacmi 1 litredir. Kullanılan UV cihazı  ekil 6.4'de görülmektedir.

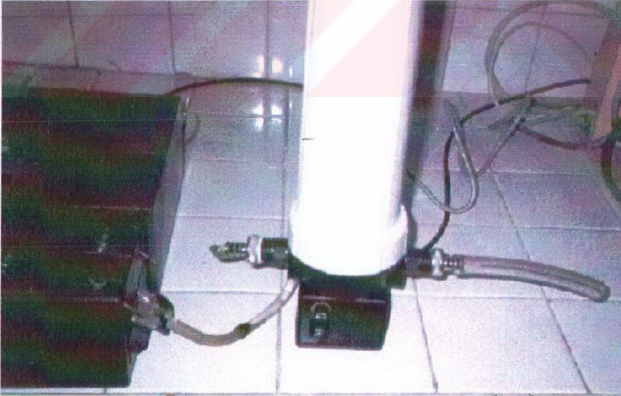


Şekil 6.4 Deneylerde kullanılan UV cihazı

Cihazın ultraviyole dalga boyu 253,7nm de sabit olduğu için debi değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan deney düzeneginin akış şeması  ekil 6.5'de fotoğrafları ise  ekil 6.6'de gösterilmektedir.



Şekil 6.5 Deney düzeneğinin şematik gösterimi



Şekil 6.6 Deney düzeneğinin fotoğrafı

6.3 Deneyin Yapılışı

Deneye başlamadan önce, numunenin renk ve bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Renk 44 HZ bulanıklık 16 NTU olarak bulunmuştur. Numunenin, bulanıklığı çok yüksek olmadığı için numune UV cihazından geçirilmeden önce seyreltme işlemine gerek duyulmamıştır. Başlangıçta numunedeki klorofil-a miktarı 18.66 mg/m^3 olarak ölçülmüştür.

Ultraviyole ışınları ile alglerin temas süresini belirlemede, literatürde yapılmış olan çalışmalar göz önüne alınarak, temas süreleri 40 sn, 50 sn, 60 sn, 90 sn, 120 sn ve 240 sn olarak belirlenmiştir. Çizelge 6.1 de temas sürelerine bağlı olarak cihazdan geçirilmesi gerekli debi miktarları verilmiştir. Peristaltik pompa aracılığı ile temas süresine uygun su debisi ayarlanarak, ultraviyole cihazından geçirilmiştir.

Çizelge 6.1 Temas süresi için uygulanması gereken debi

Temas süresi (sn)	Debi (l/sn)
40	0,0175
50	0,014
60	0,0117
90	0,0078
120	0,0058
240	0,0029

Peristaltik pompa aracılığı ile UV cihazına gönderilen su ultraviyole ışımaya maruz bırakılmıştır. Her bir gün için kontrol numunesi (şahit) alınmıştır. Şekil 6.7'de numunelerin muhafaza edildikleri ortam görülmektedir. Ultraviyole ile dezenfeksiyon işlemine maruz bırakılan numuneler şeffaf kaplar içinde güneş alan doğal bir ortama alınmış ve beş gün düzenli aralıklarla gözlenmiştir. Ayrıca düzenli olarak klorofil-a, renk ve bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Deneyel veri sonuçları çizelgeler halinde verilmiştir. Deneylerde Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater (1995)de bahsedilen yöntem ve metotlar kullanılmıştır.



Şekil 6.7 Numunelerin muhafaza edildiği ortamdaki bir görüntü

6.4 Deney Sonuçları

Phacus sp., *Annabaena sp.*, *Anacystis sp.*, *Tabelaria sp.*, *Euglena sp.*, *Stigeoclonium sp.*, *Mougeotia sp.*, *Cladophora sp.*, *Volvox sp.* ve *Eudorina sp.* ihtiva eden su numunesi, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat sonunda ultraviyole işlemi ile muamele edilmiş numunelerden ve kontrol numunelerinden örnekler alınarak klorofil-a, renk ve bulanıklık parametrelerine bakılmıştır.

6.4.1 Renk Sonuçları

Phacus sp., *Annabaena sp.*, *Anacystis sp.*, *Tabelaria sp.*, *Euglena sp.*, *Stigeoclonium sp.*, *Mougeotia sp.*, *Cladophora sp.*, *Volvox sp.* ve *Eudorina sp.* ihtiva eden su numunesinin, UV ile temas etmeden önceki renk değeri 44 HZ olarak ölçülmüştür. 40 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen renk değerleri Çizelge 6.2’de, 50 saniye temas süresi sonucunda tespit

edilen renk değerleri izelge 6.3'de, 60 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen renk değerleri izelge 6.4'de, 90 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen renk değerleri izelge 6.5'de, 120 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen renk değerleri izelge 6.6'da, 240 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen renk değerleri izelge 6.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2. 40 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri

	RENK (HZ)	
Zaman (Saat)	ahit	40 " Numune
24	44	50
48	37	24
72	24	16
96	23	17
120	24	18

Çizelge 6.3 50 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri

	RENK (HZ)	
Zaman (Saat)	ahit	50 " Numune
24	44	44
48	37	56
72	24	20
96	23	19
120	24	19

Çizelge 6.4 60 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri

	RENK (HZ)	
Zaman (Saat)	ahit	60 " Numune
24	44	46
48	37	24
72	24	11
96	23	17
120	24	17

Çizelge 6.5 90 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri

Zaman (Saat)	RENK (HZ)	
	Şahit	90 " Numune
24	44	49
48	37	24
72	24	16
96	23	21
120	24	16

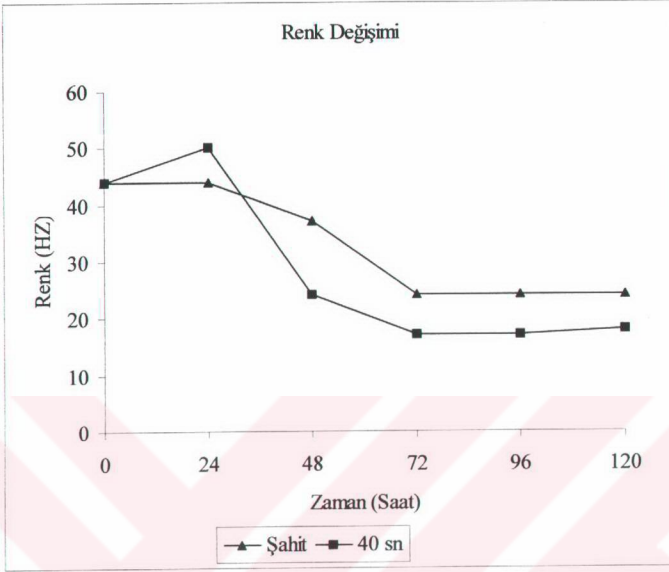
Çizelge 6.6 120 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri

Zaman (Saat)	RENK (HZ)	
	Şahit	120 " Numune
24	44	46
48	37	23
72	24	11
96	23	18
120	24	17

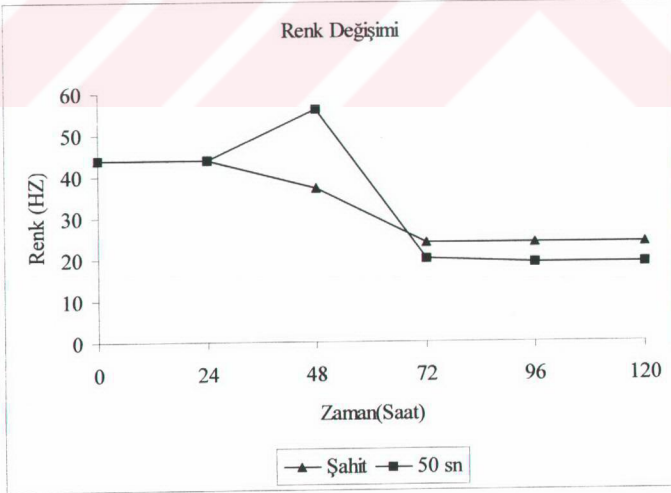
Çizelge 6.7 240 sn ultraviyole ile sonrasında renk değerleri

Zaman (Saat)	RENK (HZ)	
	Şahit	240 " Numune
24	44	31
48	37	18
72	24	11
96	23	17
120	24	22

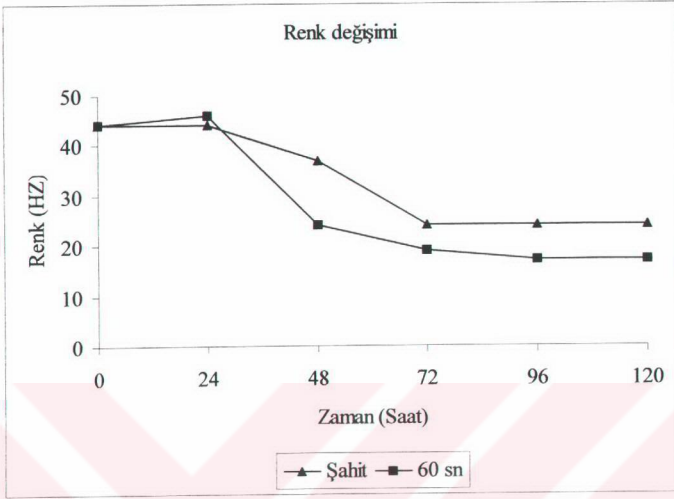
Çizelgelerden de anlaşılacağı üzere ultraviyole ile maruz kalma işleminden sonra renk değerlerinde bir düşüş gözlenmiştir. TS 266 ya göre içme kullanma sularında renk 20 HZ kadar olabilirken 120 saat sonundaki ölçümlerde, hiçbir temas süresinde bu değer aşılmamıştır. Ultraviyole radyasyonunun, 40 sn temas süresi ile renk oluşumu arasındaki ilişki Şekil 6.8 'de, 50 sn temas süresi ile renk oluşumu arasındaki ilişki Şekil 6.9 'da, 60 sn temas süresi ile renk oluşumu arasındaki ilişki Şekil 6.10'da, 90 sn temas süresi ile renk oluşumu arasındaki ilişki Şekil 6.11'de, 120 sn temas süresi ile renk oluşumu arasındaki ilişki Şekil 6.12 'da, 240 sn temas süresi ile renk oluşumu arasındaki ilişki Şekil 6.13 'de gösterilmiştir.



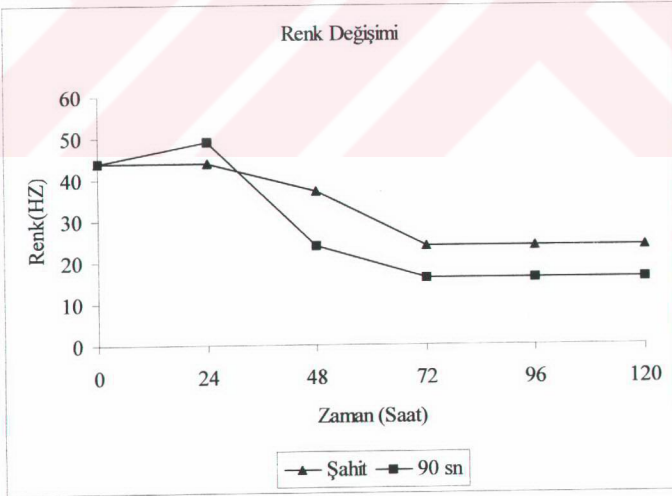
Şekil 6.8 40 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki



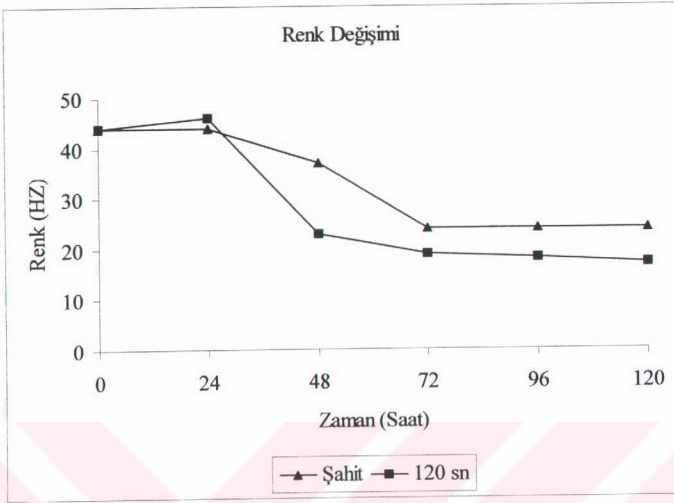
Şekil 6.9 50 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki



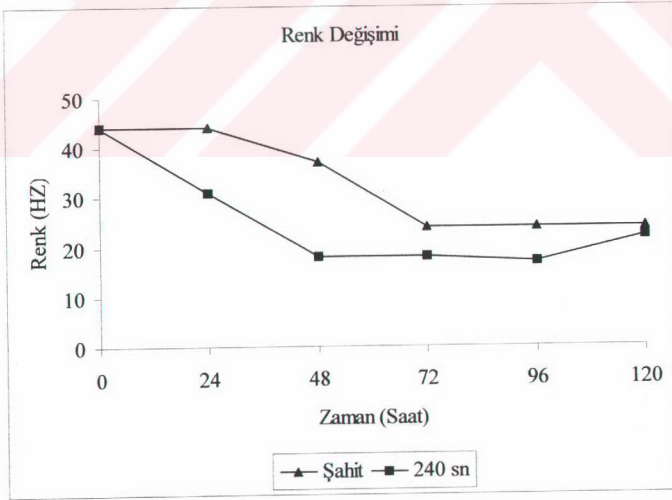
Şekil 6.10 60 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki



Şekil 6.11 90 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki



Şekil 6.12 120 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki



Şekil 6.13 240 sn UV teması ve renk arasındaki ilişki

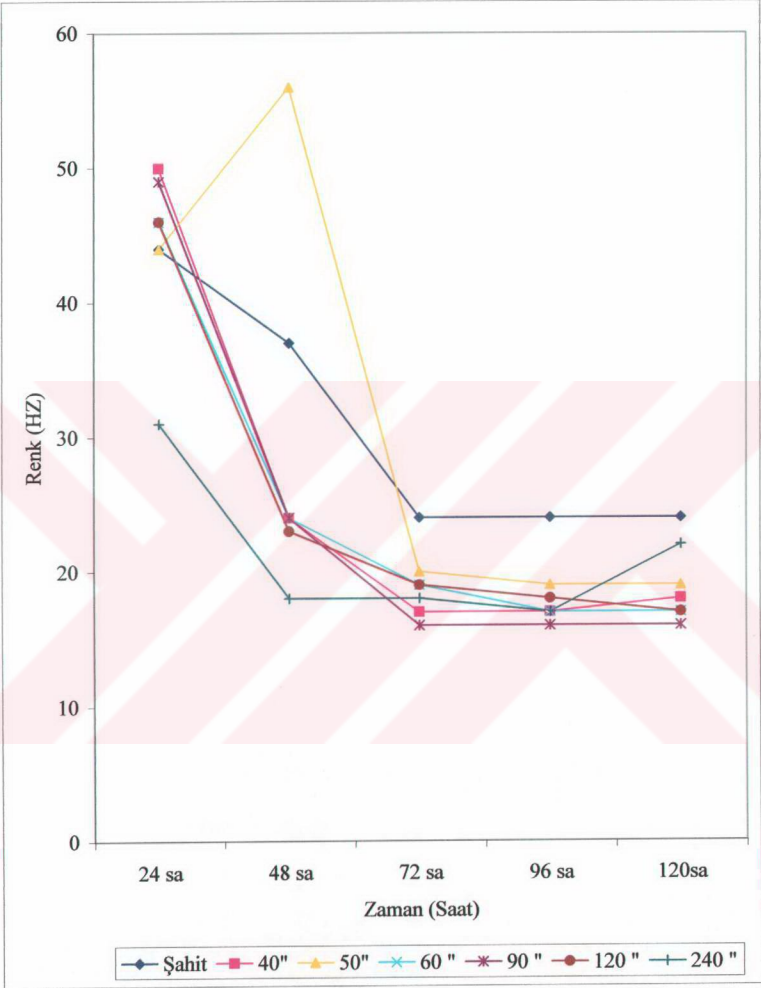
Temas süreleri birbiri ile karşılaştırıldığında ise sonuçta zamana bağlı olarak meydana gelen renk değişiklikleri Çizelge 6. 8 ve Şekil 6. 14’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8 Ultraviyole ile temas sürelerine göre renk değişiminin zamana bağlı olarak karşılaştırılması

Zaman (Saat)	UV ile Temas Süresi (Sn)						
	Şahit	40	50	60	90	120	240
24	44	50	44	46	49	46	31
48	37	24	56	24	24	23	18
72	24	17	20	19	16	19	18
96	24	17	19	17	16	18	17
120	24	18	19	17	16	17	22

Başlangıçta 44 HZ olarak belirtilen renk değeri kontrol grubunda, en düşük değeri olan 24 HZ’e 72. saatte ulaşmış iken UV ile muamele edilen numunelerde, 72. saat için bu değer 90 sn’de 16 HZ, 40 sn’de 17 HZ, 240 sn’de 18 HZ , 60 ve 120 SN temas sürelerinde 19 HZ ve 50 sn’de 20 HZ’dir. Ultraviyole ile temas süresi açısından, deneysel çalışmalar sonucunda renk ve temas süresi arasında tam bir orantı kurulamasada Şekil 6. 14’de de görüldüğü gibi renk değerlerinde bir azalma gözlenmiştir. Ultraviyole ışığın renk değerlerinde bir azalma meydana getirdiği, sonuçta en düşük renk değerinin 16 HZ ile 90 sn temas süresi ile UV’ye maruz bırakılan numunelerde gözlenmiştir.

Yapılmış olan deneylerde meydana gelen renk değişikliklerinin temel nedeni Ultraviyole ışıması sonrası alg populasyonunda meydana gelen deformasyonlar sonucunda, klorofilin suda başlangıç numunesindeki kadar yoğun olarak bulunmamasıdır.



Şekil 6.14 Ultraviyole ile temas süresi ve renk değişimi arasındaki ilişki

6.4.2 Bulanıklık Değerleri

Yapılan deneysel çalışmalarda renk ile beraber bulanıklık parametrelerindeki değişiklikler de gözlenmiştir. Deneylerde kullanılan su numunesinin bulanıklık değeri 16 NTU olarak tespit edilmiştir. Ultraviyole ile 40 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri Çizelge 6.9'da, 50 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri Çizelge 6.10'da, 60 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri Çizelge 6.11'de, 90 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri Çizelge 6.12'de, 120 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri Çizelge 6.13'de ve 240 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri Çizelge 6.14'de verilmiştir.

Çizelge 6.9 40 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri

	BULANIKLIK(NTU)	
Zaman (Saat)	Şahit	40 " Numune
24	16	24
48	18	26
72	18	15
96	23	16
120	22	18

Çizelge 6.10 50 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri

	BULANIKLIK(NTU)	
Zaman (Saat)	Şahit	50 " Numune
24	16	25
48	18	26
72	18	22
96	23	25
120	22	18

Çizelge 6.11 60 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri

	BULANIKLIK(NTU)	
Zaman (Saat)	Şahit	60 " Numune
24	16	24
48	18	27
72	18	15
96	23	16
120	22	14

Çizelge 6.12 90 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri

	BULANIKLIK(NTU)	
Zaman (Saat)	Şahit	90 " Numune
24	16	19
48	18	25
72	18	17
96	23	25
120	22	14

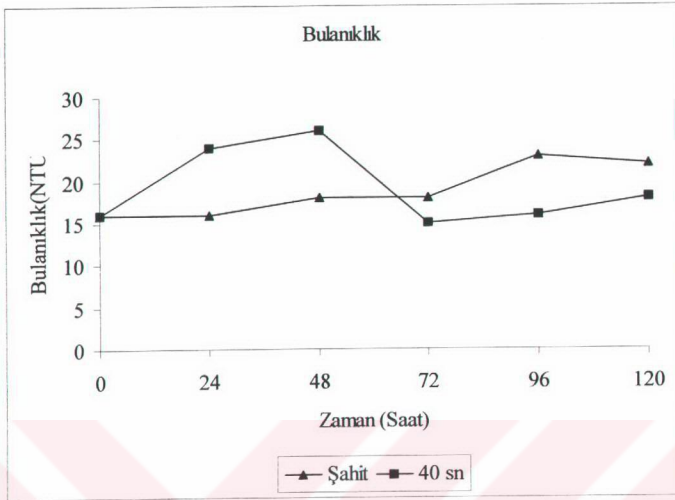
Çizelge 6.13 120 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri

	BULANIKLIK(NTU)	
Zaman (Saat)	Şahit	120 " Numune
24	16	22
48	18	24
72	18	13
96	23	20
120	22	14

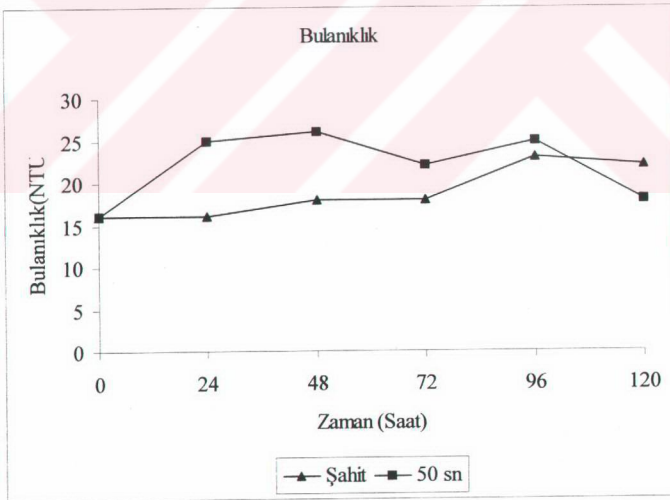
Çizelge 6.14 240 saniye temas süresi sonucunda tespit edilen bulanıklık değerleri

	BULANIKLIK(NTU)	
Zaman (Saat)	Şahit	240 " Numune
24	16	14
48	18	15
72	18	14
96	23	16
120	22	19

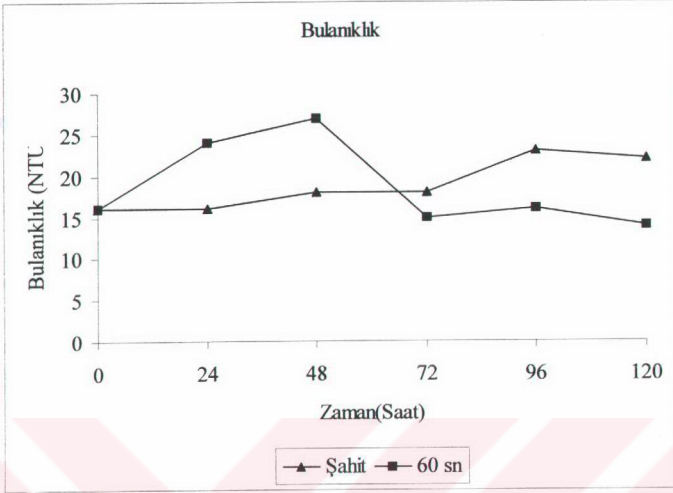
Ultraviyole ile temas süreleri sonunda elde edilen bulanıklık değerleri ve kontrol grubu numuneler arasındaki değişim grafiklerle ifade edilmiştir. 40 sn temas süresi sonunda elde edilen bulanıklık değerleri Şekil 15'de, 50 sn temas süresi sonunda elde edilen bulanıklık değerleri Şekil 16'da, 60 sn temas süresi sonunda elde edilen bulanıklık değerleri Şekil 17'de, 90 sn temas süresi sonunda elde edilen bulanıklık değerleri Şekil 18'de, 120 sn temas süresi sonunda elde edilen bulanıklık değerleri Şekil 19'da, 240 sn temas süresi sonunda elde edilen bulanıklık değerleri Şekil 20'de gösterilmiştir.



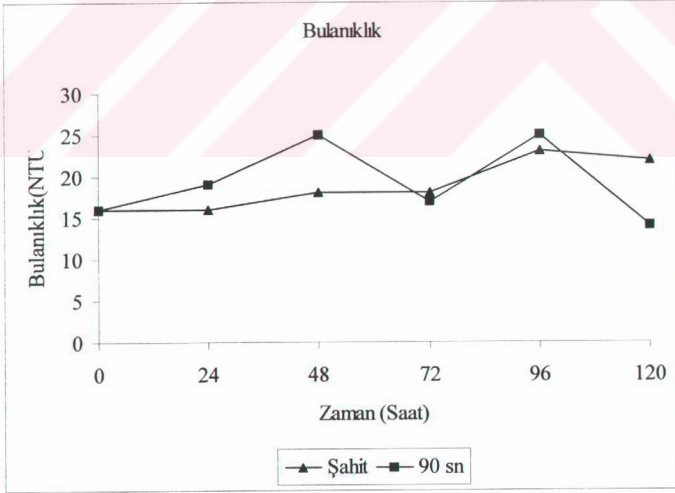
Şekil 6.15 40 sn UV ışıması ve bulanıklık arasındaki ilişki



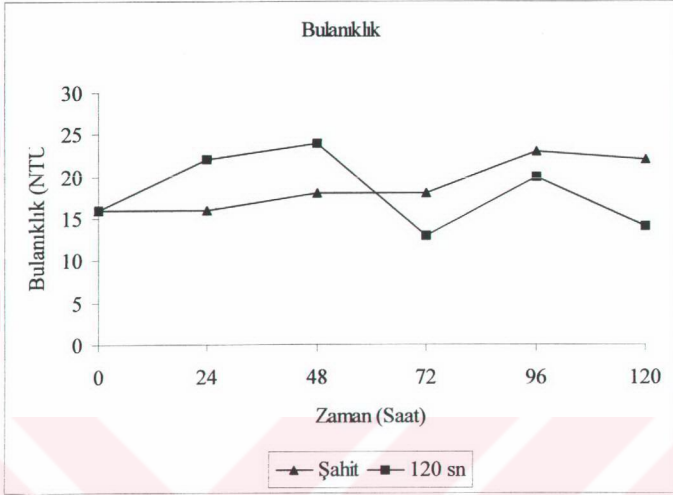
Şekil 6.16 50 sn UV ışıması ve bulanıklık arasındaki ilişki



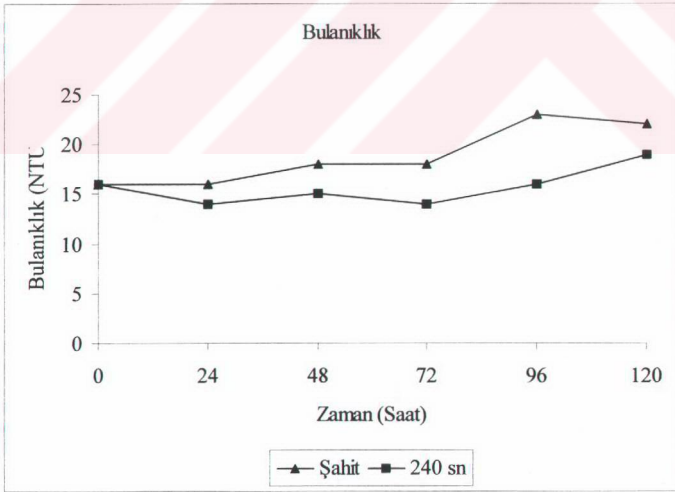
Şekil 6.17 60 sn UV ışıması ve bulanıklık arasındaki ilişki



Şekil 6.18 90 sn UV ışıması ve bulanıklık arasındaki ilişki



Şekil 6.19 120 sn UV ışıması ve bulanıklık arasındaki ilişki



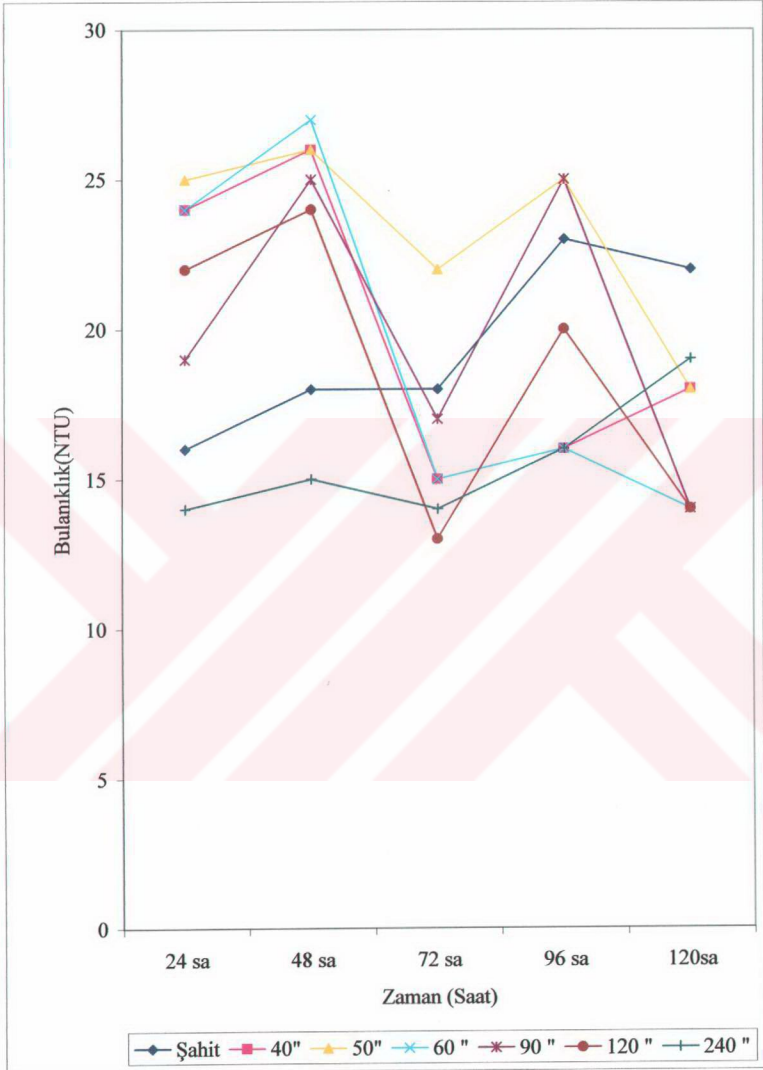
Şekil 6.20 240 sn UV ışıması ve bulanıklık arasındaki ilişki

Başlangıçtaki numunenin bulanıklık değeri 16 NTU olarak ölçülmüştür. Deney süresi boyunca yapılmış olan periyodik kontrollerde de bulanıklık değerinde artış gözlenmiştir. Ultraviyole radyasyonuna maruz kalan numunelerde ise, renk değişiminde de gözlemlendiği gibi giderek azalma gözlenmiş, bulanıklık değeri TS 266 'da bildirilen 25 NTU'nun altında olduğu görülmüştür. Tüm numunelerde 48. saatte bulanıklık değerinde bir artış gözlenmiştir. Bu artışı, ultraviyolenin etkisi ile parçalanmış olan alg hücre yapısından kaynaklanan biyolojik partiküllerin oluşturduğunu söylemek mümkündür. Parçalanma bittiğinde bulanıklık miktarında tekrar düşüş görülmüştür. 120. saatte; 60, 90, 120 saniye ultraviyole ile temas eden numunelerde, bulanıklık değerinin 14 NTU'ya, 40 ve 50. sn temas sürelerinde bu değerin 18 NTU ve 240 sn temas süresinde ise 19 NTU olduğu görülmektedir. Tüm UV ışımasına maruz kalan numunelerde bulanıklık değerlerinde bir azalma gözlenirken, kontrol grubu numunelerinde bulanıklık değerlerinde 16 NTU'dan 23 NTU'ya kadar bir artma gözlenmiştir. Bu durum kontrol numunelerinde alg popülasyonunda artış olduğunun bir göstergesidir. Bulanıklık ve temas süresi arasındaki karşılaştırma Çizelge 6.15 ve Şekil 6.21'de verilmiştir.

Çizelge 6.15 Ultraviyole ile temas sürelerine göre bulanıklığın zamana bağlı olarak karşılaştırılması

Zaman (Saat)	UV ile Temas Süresi (Sn)						
	Şahit	40	50	60	90	120	240
24	16	24	25	24	19	22	14
48	18	26	26	27	25	24	15
72	18	15	22	15	17	13	14
96	23	16	25	16	25	20	16
120	22	18	18	14	14	14	19

Ultraviyoleye maruz bırakılma ve temas süresi açısından deneysel çalışmalar sonucunda, tüm ışımalarda bir azalmanın gözlemlendiği görülmüştür. Bu durum karşısında ultraviyole ile dezenfeksiyon sisteminin, alg içeren bir numune de suyun bulanıklığını düşürdüğünü söylemek mümkündür.



Şekil 6.21 Bulanıklık ve temas süresi arasındaki karşılaştırma

6.4.3 Klorofil-a Deney Sonuçları

Phacus sp., *Annabaena sp.*, *Anacystis sp.*, *Tabelaria sp.*, *Euglena sp.*, *Stigeoclonium sp.*, *Mougeotia sp.*, *Cladophora sp.*, *Volvox sp.* ve *Eudorina sp.* ihtiva eden su numunesi, ultraviyole cihazından geçirildikten sonra; 24, 48, 72, 96, 120 ve 240 saat sonra klorofil-a miktarları ölçülmüştür. 40 sn temas süresi sonunda klorofil-a miktarı Çizelge 6. 15’de, 50 sn temas süresi sonunda klorofil-a miktarı Çizelge 6. 16’da, 60 sn temas süresi sonunda klorofil-a miktarı Çizelge 6. 17’de, 90 sn temas süresi sonunda klorofil-a miktarı Çizelge 6. 18’de, 120 sn temas süresi sonunda klorofil-a miktarı Çizelge 6. 19’da ve 240 sn temas süresi sonunda klorofil-a miktarı Çizelge 6. 20’de verilmiştir.

Çizelge 6.15 254 nm dalga boyundaki UV lambasının 40 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil-a (mg/m ³)	
	Şahit	40 sn
0	18,66	18,66
24	20,05	9,952
48	22,483	7,987
72	20,113	7,703
96	20,225	6,947
120	22,08	6,802

Çizelge 6.16 254 nm dalga boyundaki UV lambasının 50 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil-a (mg/m ³)	
	Şahit	50 sn
0	18,66	18,66
24	20,05	12,765
48	22,358	8,216
72	21,965	7,802
96	20,225	6,782
120	22,793	6,518

Çizelge 6.17 254 nm dalga boyundaki UV lambasının 60 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil-a (mg/m ³)	
	Şahit	60 sn
0	18,66	18,66
24	20,05	17,42
48	22,358	12,77
72	21,965	10,43
96	20,225	5,76
120	22,793	5,62

Çizelge 6.18 254 nm dalga boyundaki UV lambasının 90 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil-a (mg/m ³)	
	Şahit	90 sn
0	18,66	18,66
24	20,05	17,759
48	22,358	14,35
72	21,965	9,193
96	20,225	7,378
120	22,793	5,324

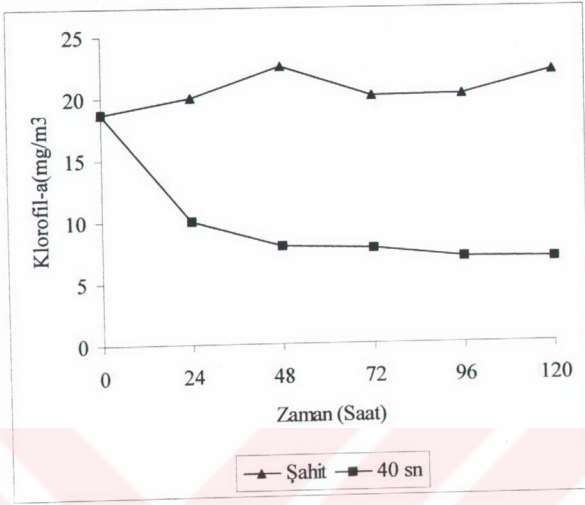
Çizelge 6.19 254 nm dalga boyundaki UV lambasının 120 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil a (mg/m ³)	
	Şahit	120 sn
0	18,66	18,66
24	20,05	11,599
48	22,358	11,85
72	21,965	8,267
96	20,225	5,336
120	22,793	3,539

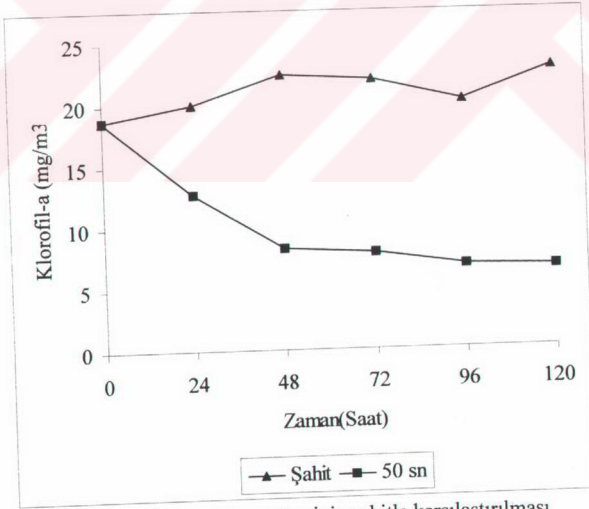
Çizelge 6.20 254 nm dalga boyundaki UV lambasının 240 sn temas süresi sonucunda algler üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil- a (mg/m ³)	
	Şahit	240 sn
0	18,66	18,66
24	20,05	16,4
48	22,358	12,881
72	21,965	12,351
96	20,225	11,29
120	22,793	6,961

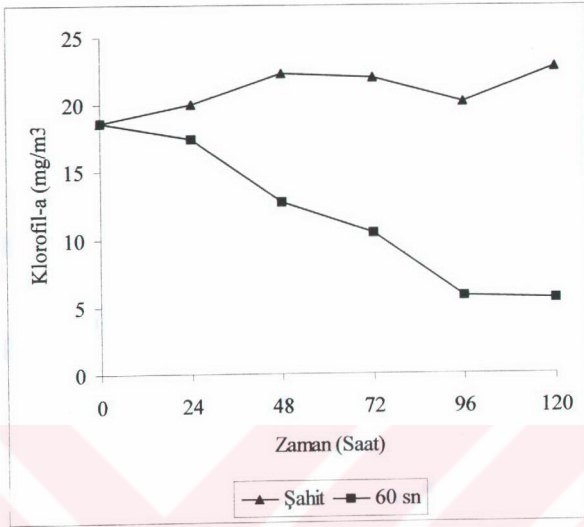
Çizelge 15, 16, 17, 18, 19 ve 20'de de görüldüğü gibi, ultraviyoleye maruz bırakılan örnekler ultraviyoleye maruz kalmamış olan örneklerle (kontrol grubu ile) karşılaştırıldığında alg üremesinin ve miktarının düştüğü görülmektedir. Şekil 6.22'de 40 sn temas süresi sonucu klorofil-a miktarı, Şekil 6.23'de 50 sn temas süresi sonucu klorofil-a miktarı, Şekil 6.24'de 60 sn temas süresi sonucu klorofil-a miktarı, Şekil 6.25'de 90 sn temas süresi sonucu klorofil-a miktarı, Şekil 6.26'da 120 sn temas süresi sonucu klorofil-a miktarı, Şekil 6.27'de 240 sn temas süresi sonucu klorofil-a miktarı karşılaştırılarak gösterilmiştir.



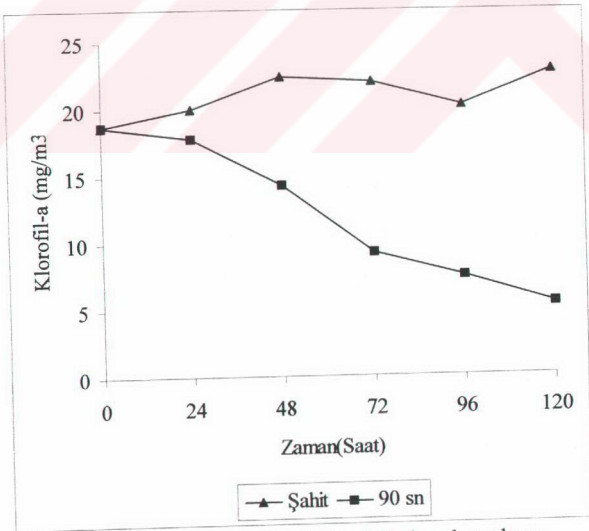
Şekil 6.22 40 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması



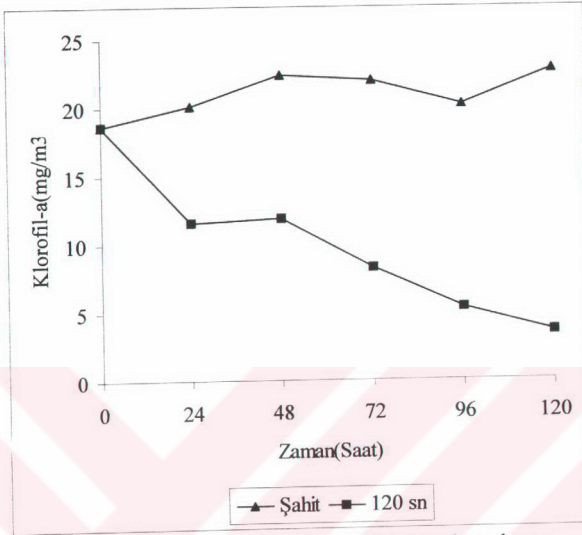
Şekil 6.23 50 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması



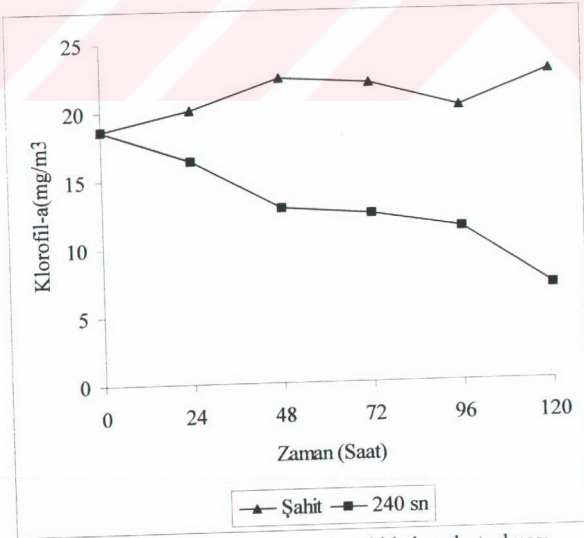
Şekil 6.24 60 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması



Şekil 6.25 90 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması



Şekil 6.26 120 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması



Şekil 6.27 240 sn temas süresinin şahitle karşılaştırılması

Ultraviyole cihazı ile yapılmış olan dezenfeksiyon işlemi sonucunda numunelerdeki klorofil a miktarındaki azalma ve kontrol gruplarındaki zamana bağlı artış grafiklerde de görüldüğü gibi oldukça belirgindir. Bu çalışma sonucunda da ultraviyole ile dezenfeksiyonun algler üzerinde de etkili olduğu gözlenmiştir. Ultraviyole lambasının 40 sn temas süresi için verimi Çizelge 6.21'de, 50 sn temas süresi için verimi Çizelge 6.22'de, 60 sn temas süresi için verimi Çizelge 6.23'de, 90 sn temas süresi için verimi Çizelge 6.24'de, 120 sn temas süresi için verimi Çizelge 6.25'de ve 240 sn temas süresi için verimi Çizelge 6.26'da gösterilmektedir.

Çizelge 6.21 40 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil-a (mg/m ³)		Verim %
	Şahit	40 sn	
0	18,66	18,66	0
24	20,05	9,952	50,3641
48	22,483	7,987	64,4754
72	20,113	7,703	61,7014
96	20,225	6,947	65,6514
120	22,08	6,802	69,1938

Çizelge 6.22 50 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil a (mg/m ³)		Verim %
	Şahit	50 sn	
0	18,66	18,66	0
24	20,05	12,765	36,3342
48	22,358	8,216	63,2525
72	21,965	7,802	64,4799
96	20,225	6,782	66,4672
120	22,793	6,518	71,4035

Çizelge 6.23 60 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil- a (mg/m ³)		Verim %
	Şahit	60 sn	
0	18,66	18,66	0
24	20,05	17,42	13,1172
48	22,358	12,77	42,884
72	21,965	10,43	52,5154
96	20,225	5,76	71,5204
120	22,793	5,62	75,3433

Çizelge 6.24 90 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil- a (mg/m ³)		Verim %
	Şahit	90 sn	
0	18,66	18,66	0
24	20,05	17,759	11,4264
48	22,358	14,35	35,8172
72	21,965	9,193	58,1471
96	20,225	7,378	63,5204
120	22,793	5,324	76,642

Çizelge 6.25 120 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil- a (mg/m ³)		Verim %
	Şahit	120 sn	
0	18,66	18,66	0
24	20,05	11,599	42,1496
48	22,358	11,85	46,9988
72	21,965	8,267	62,3628
96	20,225	5,336	73,6168
120	22,793	3,539	84,4733

Çizelge 6.26 240 sn UV ışımasının alg populasyonu üzerine etkisi

Zaman (Saat)	Klorofil -a (mg/m ³)		Verim %
	Şahit	240 sn	
0	18,66	18,66	0
24	20,05	16,4	18,2045
48	22,358	12,881	42,3875
72	21,965	12,351	43,7696
96	20,225	11,29	44,178
120	22,793	6,961	69,4599

Başlangıç numunesindeki klorofil – a miktarı 18.66 mg/m³'dür. Deney esnasında kullanılan 40, 50, 60, 90, 120, 240 sn ultraviyole ile numunelerin teması sonrasında 24, 48, 72, 96, 120 saatte yapılan ölçümlerde, kontrol gruplarında klorofil – a miktarında artış olduğu halde ultraviyole cihazından geçirmiş olduğumuz numunelerde belirgin ve değişik oranlarda azalma olmuştur.

Ultraviyole cihazındaki verim 40 sn temas süresinde 24. saatte %50'yi aşmış iken, bu oran 50 sn temas süresinde 48. saat sonrasında aşılmıştır. 60 , 90 ve 120 sn lik temas süresinde 72. saatte ,% 50 üzerinde verim 72.saatte alınmıştır. 240 sn temas süresinde 120 saatte ancak %50'nin üzerine çıkmıştır.

Deney boyunca en kısa sürede, etkin verim 40 saniyelik ultraviyole ışımasına maruz bırakılan numuneden alınmıştır. En yüksek verim ise 120 saniyelik ışıma sonrasında 120.saat sonunda alınan %85 oranındaki verimdir. 240 sn ışımaya maruz kalan numunede beklenilenin aksine daha uzun sürede etkin verimliliğe ulaşılmış ve verim yüzdesi diğer temas sürelerine nazaran düşük oranda kalmıştır. Bu durum 240 sn ışıma sonrasında reaktivasyon mekanizmasının daha hızla çalıştığının bir göstergesidir.

7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çağlar boyu insanoğlu pek çok seleksiyon çeşitleri ile karşılaşmıştır. Ancak günümüzde insanlık gelişen bilimin de sayesinde bu seleksiyona karşı alternatif çareler ortaya koymaktadır. Geçmiş zamanlarda hastalıklara karşı koyamayan, hatta bulaşma yollarını dahi bilmeyen bizler yirmi birinci yüzyılda hem hastalıkları tedavi metotlarında hem de bu hastalıkların bulaşma yolları konusunda oldukça gelişmiş bilgilere sahibiz.

Bu bilgiler ışığında pek çok hastalık yapan etmenin suda kendisine yaşama ortamı bulduğunu ve bu yolla canlıları infekte edebildiğini biliyoruz. Bizler için yaşamsal önemi olan sudan vazgeçemeyeceğimize göre onu temiz tutmak ve temiz kalması için çalışmak önemli vazifelerimizdir.

Günümüzde suyun varlığının önemi kadar bu suyun kullanılabilecek kalitede olması da önem taşımaktadır. Su, yapısı itibari ile pek çok canlı organizmalara (bakteri, virus, alg, vd.) ve çeşitli kimyasallara ev sahipliği yapmaktadır. Bilim adamları suyu bu canlı ve cansız yapılardan korumak amacıyla bir takım sistemler geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri kimi sistemler kolay ve maliyeti ucuz olmuşken, kimi sistemlerin ise maliyeti yüksek ve uygulaması zordur.

En çok kullanılan yöntemler günümüzde, kimyasal dezenfeksiyon yöntemleridir. Bu yöntemlerde kullanılan dezenfektanların bir çok avantajlarının olmasının yanı sıra ihmal edilemeyecek dezavantajlarının olduğu da bilinen bir gerçektir.

Bu çalışmada henüz yaygın olarak kullanılmayan ancak gelecek günlerde kullanımının yaygınlaşacağını ve insanlar tarafından benimseneceğini düşündüğümüz ultraviyole ile dezenfeksiyon sistemleri incelenmiştir. Literatürde bahsedilen, yaygın olarak kullanılmamasının nedenlerinden biri, önceleri maliyetli olan ultraviyole lambası ve quartz kılıfının maliyetidir. Ancak günümüzde bu durum ortadan kalkmıştır. Bunun yanı sıra UV lambasının elektrik enerjisini ekonomik olarak kullandığı da görülmüştür. Kullanım esnasında klorlamada olduğu gibi çalışanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek her hangi bir koşul bu sistemlerde oluşmamaktadır. Sistem belli bir standarta ourtulduğu için numunelerin hepsinde eşit bir muamele söz konusudur. Uygulama standı (cihaz gövdesi)

oldukça güvenli tasarlanmış ve herhangi bir ışımaya maruz kalma, insan sağlığı açısından söz konusu değildir.

Yüzeyel su kaynaklarında dezenfeksiyon amaçlı yapılan uygulamaların büyük bir çoğunluğu kimyasal yöntemlere ve kimyasal maddelere dayanmaktadır. Ancak son yıllarda yüzeyel sulardan elde edilen içme ve kullanma sularında alg kaynaklı koku ve tat problemlerinde önemli bir artış gözlenmektedir. Tat ve koku sorunlarını kimyasal yollarla giderme çalışmaları istenilen sonucu vermemektedir. Bu çalışmada üzerinde durduğu bir diğer konu da alglerin suda sebep oldukları koku ve tat problemidir. Yerel yönetimler günümüzde bu konuda şikayetleri önlemek amacıyla, özellikle yaz aylarında yoğun mesai sarf etmektedirler.

Alglerin yüzeysel sularda oluşumunun engellenmesine yönelik yapılan çalışma sonucunda UV radyasyonu ile dezenfeksiyon sonucu alg oluşumunun engellendiği görülmektedir. Ayrıca ultraviyole suyun renk ve bulanıklık gibi değerleri üzerinde de etkili olmuştur.

Phacus sp., *Annabaena sp.*, *Anacystis sp.*, *Tabelaria sp.*, *Euglena sp.*, *Stigeoclonium sp.*, *Mougeotia sp.*, *Cladophora sp.*, *Volvox sp.* ve *Eudorina sp.* ihtiva eden su numunesi ile yaptığımız deneysel çalışmaların sonucunda, numunelerin renk, bulanıklık ve klorofil-a miktarındaki değişimleri dikkate alınarak, ultraviyolenin algler üzerinde olumsuz etki meydana getirdiğini ve üremelerinin belirgin bir oranda azaldığı tespit edilmiştir.

Başlangıçtaki numunenin 44 HZ olarak belirlenen renk değeri, numunelerin ultraviyole radyasyonundan geçirilmesi sonucunda 120. saat itibarıyla, 40 saniye UV temas süresi sonucunda 18 HZ, 50 saniye UV temas süresi sonucunda 19 HZ, 60 ve 120 saniye UV temas süresi sonucunda 17 HZ, 240 saniye UV temas süresi sonucunda 22 HZ ve 90 saniye UV maruz bırakılan numunede ise 16 HZ'e kadar renkte azalma tespit edilmiştir.

Deney için alınan numunenin başlangıçtaki bulanıklık değeri 16 NTU'dur. Deney süresince, kontrol gruplarında bulanıklık değerinde artış meydana geldiği halde, ultraviyoleye maruz kalan numunelerin hepsinin bulanıklık değerlerinde azalma meydana gelmiştir. 120. saat itibarıyla; kontrol grubunun bulanıklığı 23 NTU'ya çıktığı halde, 40 ve 50 saniye ultraviyole ışımasına maruz kalan numunelerde bulanıklık 18 NTU, 60, 90 ve 120 saniye ultraviyole ışımasına maruz kalan numunelerde bulanıklık 14 NTU ve 240 saniye ultraviyole ışımasına maruz kalan numunelerde bulanıklık 19 NTU'ya inmiştir.

Başlangıçta klorofil-a miktarı $18,66 \text{ mg/m}^3$ olan numunenin 40 sn ultraviyole ile teması sonucunda 24 saat sonunda klorofil-a miktarında % 50,4'lük, 120 saat sonunda ise % 69,2 oranında azalma meydana gelmiştir. 50 sn ultraviyole ile teması sonucunda 24 saat sonunda klorofil-a miktarında %36,33, 120 saat sonunda ise % 71,4 oranında azalma, 60 sn ultraviyole ile teması sonucunda 24 saat sonunda klorofil-a miktarında %13,12 azalma, 120 saat sonunda ise % 75,34 oranında azalma, 90 sn ultraviyole ile teması sonucunda 24 saat sonunda klorofil-a miktarında %11,42 oranında, 120 saat sonunda ise % 76,64 oranında azalma, 120 sn ultraviyole ile teması sonucunda 24 saat sonunda klorofil-a miktarında % 42,14 oranında azalma, 120 saat sonunda ise % 84,47oranında azalma, 240 sn ultraviyole ile teması sonucunda 24 saat sonunda klorofil-a miktarında %18,24 oranında azalma, 120 saat sonunda ise % 69,46 oranında azalma meydana gelmiştir.

Ultraviyolenin çalışma mekanizması canlı kalıtsal materyaline yöneliktir. Suyun kimyasal yapısına olumsuz bir etkisi bu nedenle yoktur. Uygulama sonrasında suda koku ya da tat değişikliği meydana getirmez. Ancak koku ve tat oluşumuna neden olan alglerin gelişmesine engel olduğu için önemli bir dezenfeksiyon yöntemidir.

Hem suyun dezenfeksiyonu, hemde koku ve tat problemini oluşturan kaynağın ortadan kaldırılmasıyla iki işlemin bir arada yapılması işletme maliyetini de düşürecektir.

Öneriler

Yapılmış olan bu ultraviyole ile dezenfeksiyon deneylerinde *Phacus sp.*, *Annabaena sp.*, *Anacystis sp.*, *Tabelaria sp.*, *Euglena sp.*, *Stigeoclonium sp.*, *Mougeotia sp.*, *Cladophora sp.*, *Volvox sp.* ve *Eudorina sp.* ihtiva eden su numunesi kullanılmıştır. Bu çalışmadan sonra yapılabilecek olan çalışmalarda, tek bir cins ihtiva eden numunelerle çalışılıp tür bazında ultraviyolenin algler üzerine etkisi incelenebilir.

Çalışmada kullanılan cihazın ana materyali olan ultraviyole lambasının 30 cm^2 30 özelliğindedir. $50 \mu\text{s/cm}^2$ özellikli ultraviyole lambasının verimi daha farklı olacaktır. Kullanılan ultraviyole lambası 6 watt enerji harcamaktadır. 8 watt'lık enerji ile çalışan lambaların verimleri de araştırılarak ultraviyole ile dezenfeksiyonun algler üzerine etkisi ve verimi değişik açılardan ele alınmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bukhari, Z., Hargy, T.M., Boldon, J.R, (1999), "Medium Pressure UV for Oocyst Inactivation.", J. Am. Water Works Assoc, 91:86-94.
- Chang, J.C.H., Ossoff, S.F., Lobe, D.C., Dorfman, M.H., Dumains, C.M., Qualls, R.G. ve Johnson, J.D., (1985), "UV inactivation of Pathogenic and Indicator Microorganisms", Appl. Environmental Microbiology, 49:1361-1365.
- Clancy, J.L., Hargy, T.M., Marshall M.M. ve Dyksen, J.E., (1998), "UV Light Inactivation of Cryptosporidium Oocysts", J. Am. Water Works Assoc, 90:92-102.
- Crites, R. ve Tchonglous., (1998), Small and Decentralized Wastewater Management Systems, The McGraw- Hill Companies, New York.
- Dölen, D., Çalık, S. ve Alpaslan, M.N., (1999), "Ülkemizde İçme Suyu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi", 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Dunn, J.E., Clark, R., W., Asmus, J.F., Pearlmann, J.S., Boyer, K., Hoffmann, G.A., (1985), "Methods of Preservation of Foodstuffs", Maxwell Lab., Inc. Ca., USA.
- E.P.A., (1976), Disinfection Wastewater, Task Force Report, Report No. E.P.A.-430/9-75-013, U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
- E.P.A., (1986), Design Manual Municipal Wastewater Disinfection, U.S. Office of Research and Development Water Engineering, E.P.A.-625/10-86-021, 45268, Environmental Protection Agency, Cincinnati.
- E.P.A., (1999), Wastewater Technology Fact Sheet, Ultraviolet Disinfection, Office of Water, EPA 832 F-99-064, Washington, D.C.
- Finch, R.G., Weldon, D., Clarik, A.S., Bolton, J.R., Belosevic, M., (2001), "Inactivation of Cryptosporidium parvum Oocysts Using Medium and Low Pressure UV Radiation", Water Research, 35: 1387-1398.
- Güner, H. ve Aysel, V., (1991), Tohumuz Bitkiler Sistematigi, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Harm, W., (1980), Biological Effects of UV Radiation, Cambridge University Press, USA.
- Johnston, C.T., Lin, L. Ve Blatchley, R., (1999), "Inorganic Fouling at Quartz: Water Interfaces in UV Photoreactors", Water Research, 33:3321-3329.
- Kawamura, K., Kaneko, M., Hirata, T. Ve Taguchi, K., (1986), "Microbial Indicator for the Efficiency of Disinfection Processes", Water Science Technology, 18:175-184.
- Lenore, S., Clesceri, A.E., Greenberg, R. ve Rhodes T., (1995), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Lorenzo- Lorenzo, M.J., Ares- Mazas, M. Ve Duran, D., (1993) "Effect of UV Disinfection of Drinking Water on the Viability of *Cryptosporidium parvum* Oocysts", *Journal of Parasitology*, 79:67-70.

Mechsner, K., (1987), "Theory and Practise for the Testing and Operation of UV Systems for Water Treatment", *Aqua*, 2:73-79.

Matulova, D., (1991), "The application of Algae as a Test Organisms", *Arch. Prostenkd*, 139:279-289.

Muslu, Y., (1992), *Su ve Atıksu Teknolojisi*, İTÜ, İstanbul.

Muslu, Y., (1996), *Atıksuların Arıtılması*, İTÜ, İstanbul.

Muslu, Y., (2000), *Ekoloji ve Çevre Sorunları*, aktif Yayınevi, İstanbul.

Muslu, Y., (2001), *Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi*, İSKİ, İstanbul.

Öztürk, İ., Övez, S. ve Bayhan, H., (1999), "İstanbul İçme Suyu Kalitesi İzleme Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi", *Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu*, İstanbul.

Rice, E., Hoff, J., (1981), "Inactivation of *Giardia lamblia* cysts by UV irradiation", *Appl Environ Microbiol*, 42(3): 546.

Schmid, G., (1984), *disinfection of water by UV Radiation*, Export Manager, Katadyn Products Inc., Switzerland.

Serpieri, N., Moneti, G., Pieraccini, G., Donati, R., Mariottini, E. ve Dolara, P., (2000), "Chemical and Microbiological Characterization of Drinking Water After Filtration with a Domestic Size Charcoal Column and UV Sterilization", *Water Science*, 2:13-20.

Shabon, A.M., El-Taweel, G.E., Ali, G.H., (1997), "UV Ability to Inactive Microorganisms Combined with Factors affecting Radiation", *Water Science and Technology*, 35:11-12.

Şakar, S., (2001), "Çevre Mikrobiyolojisi Laboratuar Uygulamaları", *Basılmamış Ders Notu*.

www.arbiol.com.tr

www.aquafine.com

www.bio-tek.com

www.uvta.com.au

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	11.08.1977	
Doğum yeri	Ankara	
Lise	1994-1991	Kadir Has Lisesi
Lisans	1998-1994	Hacettepe Üniversitesi Fen Fak. Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans	2003-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum

1999-Devam ediyor Milli Eğitim Bakanlığı -Öğretmen