



**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
PATOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
VPT- 2016-0001**

**FARKLI KONSANTRASYONLARDA
SODYUM HİPOKLORİT KULLANILAN
GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA
(*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)
PATOLOJİK İNCELEMELER**

**ÖZHAN CENGİZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Hamdi AVCI**

AYDIN-2016

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PATOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

FARKLI KONSANTRASYONLARDA
SODYUM HİPOKLORİT KULLANILAN
GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA
(*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)
PATOLOJİK İNCELEMELER

ÖZHAN CENGİZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Hamdi AVCI

Bu tez Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından VTF-15039 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2016

KABUL VE ONAY

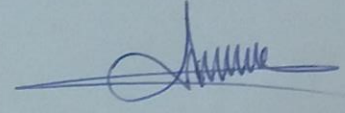
T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Patoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Özhan CENGİZ tarafından hazırlanan “Farklı konsantrasyonlarda sodyum hipoklorit kullanılan gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) patolojik incelemeler” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 24/08/2016

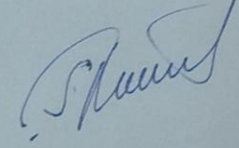
Ünvanı, Adı Soyadı, Üniversitesi

İmza

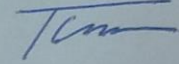
Üye (Tez Danışmanı) : Doç. Dr. Hamdi AVCI
Adnan Menderes Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Sümül Serap BİRİNCİOĞLU
Adnan Menderes Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Tefik Tansel TANRIKUL
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi



ONAY:

Bu tez Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsününtarih vesayılı oturumunda alınanno’lu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet CEYLAN
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin oluşturulmasında ve tezimin her aşamasında değerli görüşlerini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Hamdi AVCI'ya, laboratuvarımızdaki imkanlarını kullanmama olanak sağlayan Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. S. Serap BİRİNCİOĞLU'na, çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan sayın Prof. Dr. Nihat TOPLU ve sayın Prof. Dr. Recai TUNCA'ya, yardım ve katkılarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. Erkmen Tuğrul EPİKMEN'e, yardım ve katkılarından dolayı Patoloji Anabilim Dalı Araştırma Görevlileri Araş. Gör. Emrah İPEK ve Araş. Gör. Ayşe Nur AKKOÇ'a, laboratuvar sorumlusu Cihan ŞAHİN'e, tezimin yürütülmesi için gerekli mali desteği sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, balıkların teminini sağlayan Topçam Tarım Hayvancılık Su Ürünleri Tur. San. Tic. Ltd. Şti. Ş. yetkililerine ve çalışmam sırasında büyük desteğini gördüğüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KABUL ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
RESİMLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Atık Suyun Dezenfeksiyonu ve Tarihçesi	3
2.2. Sularda Kirlenmeye Sebep Olan Etkenler ve Oluşumları.....	4
2.3. Sularda Bulanıklık ve Organik Kirlenme	5
2.4. Sularda Doğal Organik Maddeler	7
2.5. Hümik Olan Maddeler.....	8
2.6. Sularda Dezenfeksiyon	9
2.6.1. Sularda Dezenfeksiyon İşlemleri	10
2.6.2. Sularda Dezenfeksiyon Sonucu Oluşan Reaksiyonlar	11
2.7. Dezenfeksiyon Mekanizmasını ve Hızını Etkileyen Faktörler	12
2.8. Dezenfeksiyon Çeşitleri.....	13
2.8.1. UV ile Dezenfeksiyon	13
2.8.2. Ozon ile Dezenfeksiyon	13
2.8.3. Kimyasal Bileşiklerle Dezenfeksiyon	15
2.8.4. Klor ve Türevleriyle Dezenfeksiyon.....	16
2.9. Klor ve Türevleri.....	17
2.9.1. Klor Türleri ve Bakiye Ölçümleri.....	18
2.9.1.1. Kloraminler (Bağlı Klor).....	19
2.9.1.2. Serbest Klor (Bağımsız Klor)	19
2.10. Klor ile Dezenfeksiyon.....	19
2.10.1. Klorla Dezenfeksiyonun Avantaj ve Dezavantajları	21

2.10.2. Klorla Suyun Reaksiyonu.....	21
2.10.3. Klorlamada Kullanılan Reaktifler ve Uygulama	22
2.10.4. Dezenfeksiyonda Klor ile Su etkileşimi	23
2.10.5. Klorlama ile Oluşan Artık Ürünler	24
2.11. Klor çeşitleri	25
2.11.1. Saf Klor	25
2.11.2. Toz Klor (Kalsiyum Hipoklorit)	26
2.11.3. Sıvı Klor (Sodyum Hipoklorit)	26
2.11.3.1. Sodyum Hipokloritin Konsantrasyon Özellikleri	27
2.11.3.2. Sodyum Hipokloritin Donma Noktası	27
2.11.3.3. Sodyum Hipokloritin Tehlikeleri.....	29
2.11.3.4. Sodyum Hipokloritin Ayrışması	30
2.11.3.5. Sıcaklığın Sodyum Hipoklorit Üzerine Etkisi	31
2.11.3.6. Sodyum Hipokloritin pH Üzerine Etkileri	31
2.11.3.7. Sodyum Hipoklorite Ultraviyole Işını Etkileri	32
2.11.3.8. Kirlilik (yabancı maddeler) ile Sodyum Hipoklorit	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	34
3.1. Denemede Kullanılan Balıklar.....	34
3.2. Denemede Kullanılan Kimyasal	35
3.3. Denemede Kullanılan Havuzların Özellikleri	35
3.4. Denemede Kullanılan Su	36
3.5. Patolojik İnceleme	36
3.5.1. Makroskobik İnceleme	36
3.5.2. Mikroskobik İnceleme.....	36
4. BULGULAR	38
4.1. Klinik Bulgular.....	38
4.2. Makroskobik Bulgular	39
4.3. Mikroskobik Bulgular.....	51
5. TARTIŞMA.....	73
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	78
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	94

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
THM	: Trihalometan
UV	: Ultraviyole ışığı
HAA	: Haloasetik Asit
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü
L	: Litre
mg	: Miligram
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WWTP	: Wastewater treatment plant
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
NTU	: Nefelometri bulanıklık birimi
SOC	: Synthetic organic compound
TOC	: Total organic carbon
EPA	: Environmental Protection Agency
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
HOCl	: Hipoklorit asit
Cl ₂	: Klor gazı
OCl ⁻	: Hipoklorit iyonu
µm	: Mikrometre
µg/L	: Mikrogram/litre
pH	: Asit ve alkalın yoğunluğunun göstergesi
°C	: Santigrat derece
ppm	: Milyonda bir (partspermillion)
%	: Yüzde
Ark	: Arkadaşları

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.	A. Oksijen takviyeli tank içerisinde getirilen balıklar. B. Kullanılan havuzlar ve balıkların genel görünümü.....	34
Resim 2.	A. Kontrol Grubu. Normal solungaç (ok, Grup VIII). B. Solungaçlarda solgunluk (oklar, olgu no; 4, Grup III).....	49
Resim 3.	A. Kontrol Grubu. Normal deri (Grup VIII).B. Deride pullarda dökülmeler (okbaşıları, olgu no; 2, Grup IV).....	49
Resim 4.	A. Kontrol Grubu. Normal solungaç (Grup VIII). B. Solungaçlarda kanama (ok, olgu no; 5, Grup V).....	50
Resim 5.	A. Deri yüzeyinde yoğun mukus artışı (ok, olgu no; 6, Grup VII). B. Kontrol Grubu. Normal deri (Grup VIII).....	50
Resim 6.	Solungaç. Sekunder lamellerin dip kısımlarında hafif hiperplazi. HE., Bar: 30µm., olgu no, 7, Grup III.....	59
Resim 7.	Solungaç. Sekunder lamellerin hiperplazi (oklar). HE., Bar: 100 µm, olgu no, 8, Grup IV.....	63
Resim 8.	A. Solungaç, primer ve sekunder lamellerde hiperemi, kanama (oklar) ve telangiektazi (okbaşıları). HE., Bar: 50µm, Grup VII, olgu no, 3.....	71
Resim 9.	A. Solungaç, sekunder lamellerde hiperemi, (okbaşıları) ve telangiektazi (ok). HE., Bar: 50 µm, olgu no, 4, Grup VI.....	71
Resim 10.	Deri, epidermisde yaygın dejenerasyonlar (oklar) HE., Bar: 100µm, olgu no; 6, Grup V.....	72
Resim 11.	Böbrek, damarlarda hiperemive intersitisyumda kanama (oklar) HE., Bar: 50µm, olgu no; 1, Grup VII.....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.	Türkiye’de 2014-2015 Yıllarına Ait Toplam Su Ürünleri Üretimi Miktarları (Ton).....	2
Çizelge 2.	pH değerine bağlı olarak klorun aktif olma oranı.....	20
Çizelge 3.	Grupların sınıflandırılması ve sodyum hipokloridin balıklara uygulama miktarları.....	35
Çizelge 4.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup I).....	42
Çizelge 5.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup II).....	43
Çizelge 6.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup III).....	44
Çizelge 7.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup IV).....	45
Çizelge 8.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup V).....	46
Çizelge 9.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup VI).....	47
Çizelge 10.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup VII).....	48
Çizelge 11.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup I).....	53
Çizelge 12.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup II).....	55
Çizelge 13.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup III).....	57
Çizelge 14.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup IV).....	61

Çizelge 15.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşığı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup V).....	65
Çizelge 16.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşığı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup VI).....	67
Çizelge 17.	Sodyum hipoklorit verilen gökkuşığı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup VII).....	69



ÖZET

FARKLI KONSANTRASYONLARDA SODYUM HİPOKLORİT KULLANILAN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*ONCORHYNCHUS MYKISS*, WALBAUM 1792) PATOLOJİK İNCELEMELER

CENGİZ Ö. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Patoloji Yüksek Lisans Programı Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2016

Bu araştırma, havuz dezenfektanı olarak farklı düzeylerde sodyum hipoklorit kullanılmasının gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) oluşturduğu toksikasyonun patolojik bulgularını değerlendirmek amacı ile gerçekleştirildi. Bu amaçla, 80 adet gökkuşağı alabalığı (80 ± 10 g ağırlığında ve 10-12 cm büyüklüğünde) kullanıldı. Çalışmada gruplandırma; Grup I (2 µl/l), Grup II (5 µl/l), Grup III (10 µl/l), Grup IV (20 µl/l), Grup V (40 µl/l), Grup VI (80 µl/l), Grup VII (100 µl/l) ve Grup VIII (Kontrol grubu) olmak üzere sekiz farklı grup ve her grupta da 10 balık olacak şekilde yapıldı. Çalışma; Grup I, Grup II ve Grup III'de uygulamanın 35. gününde sonlandırıldı. Grup I ve Grup II' de bulunan balıklarda uygulama süresi boyunca ölüm görülmedi. Grup III'de uygulamanın 33., 34. ve 35. günlerinde ölen birer balık olmak üzere toplam üç balıkta ölüm şekillendi. Grup IV'de uygulamanın farklı günlerinde olmak üzere toplam yedi balıkta ölüm görüldü. Grup V, Grup VI ve Grup VII'de uygulama süresince balıkların tamamında ölüm görüldü. Çalışmada ölen ya da ötanazi edilen balıkların nekropsilerini takiben, tüm dokular % 10'luk tamponlu formalinde tespit edildi ve parafin kesitlerinin tamamı hematoksilin-eozin tekniği ile boyanarak ışık mikroskopunda incelendi. Grup I ve Grup II'de bulunan balıklarda dikkati çeken herhangi bir klinik bulguya rastlanılmadı. Yem tüketiminde azalma, hareketlerde belirgin yavaşlama ve su yüzeyine yakın yüzmeler diğer uygulama gruplarında gözlenen klinik bulgular idi. Şekillenen makroskobik bulgular, sodyum hipokloridin uygulama dozuna bağlı olarak farklılık gösterdi. Grup I, Grup II ve Grup III'de solungaçlar solgun ve yüzeyleri değişen miktarlarda mukus ile kaplıydı. Grup II ve Grup III'de az sayıda balıkta solungaçlarda peteşiyel kanamalar dikkati çekti. Grup IV'de bulunan balıklarda solungaçlarda solgunluk ve deride pullarda dökülmeler oldukça belirgindi. Sodyum hipokloritin yüksek dozlarda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII'de

en belirgin makroskopik bulgu solungaçlarda görüldü. Bu lezyonlar ödem, hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar şeklinde idi. Mikroskopik incelemede Grup I, Grup II ve Grup III'de solungaçlarda hiperplaziler ve eozinofilik granüler hücrelerde artışlar ile deride epidermiste hafif dereceli dejenerasyonlar görüldü. Grup IV'de solungaçlarda ödem, hiperemi, ve kanama, epitellerde nekroz, epitellerde dökülme, telangiektazi ve hiperplazi gözlenen başlıca mikroskopik bulgularandı. Deride dejenerasyonlar iki olgu dışında tüm olgularda mevcuttu. Sodyum hipokloritin yüksek dozda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII'de doku ve organlarda gözlenen mikroskopik bulguların tamamı vasküler özellik göstermekteydi. Sonuç olarak yapılan çalışmada havuz dezenfektanı olarak deneysel amaçlı 10 µl/l (Grup III) ve 20 µl/l (Grup IV) düzeyinde sodyum hipoklorit kullanılması sırası ile hafif ve orta dereceli patolojik bulgulara yol açarken daha üzerindeki düzeylerin (40 µl/l ve üzeri) letal olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), sodyum hipoklorit, patolojik bulgular.

ABSTRACT

PATHOLOGICAL INVESTIGATIONS IN RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*, WALBAUM 1792) ADMINISTERED WITH DIFFERENT LEVELS OF SODIUM HYPOCHLORIDE

**CENGİZ O. University of Adnan Menderes Health Science Institute Pathology Thesis of
Master Thesis, Aydın, 2016**

This study was aimed to investigate pathological findings occurred with toxicity of different concentrations of sodium hypochloride used as fishpond disinfectant in rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*). Eighty rainbow trout (mean weight of 80 ± 10 g and length of 10-12 cm) was used in the study. Eight experimental groups were assigned as; Group I (2 µl/L/day), Group II (5 µl/l), Group III (10 µl/l), Group IV (20 µl/l), Group V (40 µl/l), Group VI (80 µl/l), Group VII (100 µl/l) ve Group VIII (control), each consisting of 10 fishes. Experiment is lasted on day 35 in Groups I, II and III. There was no dead fish observed in Groups I and II in the entire study. Three deaths were recorded on days 33, 34 and 35 in Group III. Seven dead fishes were observed in different periods of study after administration in Group IV. All fishes were died in Groups V, VI and VII at the end of study. Following of necrops of dead or eutanised fishes, all tissues were fixed in 10% neutral buffered formalin solution, embedded in parafin wax, stained by routine methods with haematoxylin and eosin (H&E) examined under the light microscope. There was no significant finding was observed in Group I and II fishes. Decreased feed intake, activity and floating near the surface are clinical signs seen in fishes of other treatments. Macroscopic findings differed according to dose of sodium hypochloride administration. Gills of Goup I, II and III fishes were pale and their surfaces are covered with mucus in different amounts. Petechial hemorrhagies were significant in a few amount of Group II and III fishes. Fishes with pale gills and flake loss were important signs in Group IV. Most significant macroscopic signs were recorded in gills of fishes treated with high dose of sodium hypochloride administration in Groups V, VI and VII. These lesions were as odema, hyperemia and vascular hemorrhage. Microscopic observations in Group I, II and III were hyperplasia and increase in eosinophilic granular cell count, mild degenerations in epidermis. Odema, hyperemia, hemorrhage, necrosis, epitel loss, telangiectasia and

hyperplasia were primary microscobic findings in gills of fishes in Group IV. Degenerations in epithelium were recorded in all samples except two of them. All microscobic signs observed in tissues and organs of high dose Groups (V, VI and VII) were showed vascular properties. In conclusion, experimental admission of fishpond disinfectant sodium hypochloride resulted in mild and mid lesions in a dose of 10 µl/l (Grup III) and 20 µl/l (Grup IV). Beside this, this admission had severe (lethal) effects in rainbow trouts with a dose of 40 µl/l and more in the study.

Key words: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), sodium hypochloride, pathological findings.



1. GİRİŞ

Dünyada insanların meydana getirdiği çevresel kirlilik nedeniyle sağlıklı gıdaların bulunmasının gittikçe zorlaşması sonucunda sağlıklı yiyecek bulma talebine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Kültür balığının üretiminde, yetiştiriciliğin yoğun olduğu yerlerde kirliliğin sebep olduğu su kalitesinin optimum seviyenin altındaki değişiklikler, balık ve çevresi arasında dengenin bozulmasına, çeşitli hastalıkların meydana gelmesine ortam hazırlamaktadır. Bu bağlamda su ürünleri yetiştiriciliğinde su kalitesinin iyi bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu durum hem tuzlu su, hem de tatlı su balıkçılığında su kalitesinin uygun olup olmadığını gösteren fizikokimya parametrelerinin iyi bir şekilde analiz edilmesiyle mümkündür.

Yerküremizde en büyük kütleyi % 70,8'lik oranla tuzlu ve tatlı su kaynaklarının bulunduğu sucul alanlar oluşturmaktadır. Hidrosfer olarak adlandırılan bu su kütlesi, yer yüzeyinin yaklaşık 1,4 milyar km³'lük kısmını kaplar. Bu alanı; okyanuslar, denizler, nehirler, göller ve yer altı suları dahil olmak üzere yaklaşık % 98'lik kısmını yalnızca okyanus ve denizler oluşturmaktadır (Kocabaş, 2012).

Sucul alanların besin potansiyelinin keşfedilmesi ile birlikte, insanoğlu tatlı ve tuzlu su alanlarına yönelmiştir (Alpbaz ve Hoşsucu, 1996). İnsan nüfusunun artışına paralel olarak besin ihtiyacının artması, aşırı avcılık ve denizlerde kirlilik yoluyla sucul alanların doğal yapısını kaybetmeye başlaması buna bağlı olarak sucul canlı popülasyonlarının azalması, beraberinde su ürünleri yetiştiriciliği konusunu gündeme getirmiştir (Geldiay ve Balık, 1999; Rad 1999).

TÜİK (2016) verilerinde su ürünleri üretim miktarı 672 bin 241 ton olarak görülmektedir (Çizelge 1). Bu su ürünlerinin % 35,8'i yetiştiricilik ürünlerinden oluşmaktadır. Avcılıkta üretim 431 bin 907 ton iken, su ürünlerinde yetiştiricilik üretimi ise 240 bin 334 ton olarak gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik üretiminin % 42,2'si iç sularda, % 57,8'i denizlerde gerçekleşmiştir. Bu üretimde balık yetiştiriciliğinde ise iç sularda alabalık 100.441 ton, denizlerde çipura 51.844 ton ve levrek 75.164 ton olarak üretimi en çok yapılan türlerdir.

Balık yetiştiriciliğinde en önemli kriterler; türün kültür koşullarına adapte olabilmesi, dışarıdan yemi alabilmesi, bu yemi ete dönüştürebilmesi ve mevcut su ortamı koşullarında yaşayabilmesidir (Korkut ve ark, 2004). İntensive balık yetiştiriciliğinde çevre kirliliğine bağlı olarak su kriterlerinin oluşturduğu enfeksiyöz ve nonenfeksiyöz hastalıklarda kayıpların yoğun olması balık yetiştiriciliğinde büyük sorunlar yaratmaktadır (Austin 1999; Arda ve ark, 2002). Bu durum insan sağlığı ve işletme ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir (Alpaz, 1995).

Çizelge 1. Türkiye’de 2014-2015 Yıllarına Ait Toplam Su Ürünleri Üretimi Miktarları (Ton) (TÜİK, 2016).

	2014	2015
Toplam üretim (içsu+deniz)	537 345	672 241
Avcılıktan elde edilen miktar	302 212	431 907
Denizde avcılık miktarı	266 078	397 731
Yetiştiricilik miktarı	235 133	240 334
İçsularda Yetiştiricilik		
Alabalık	107 533	100 441
Denizlerde Yetiştiricilik		
Alabalık	4 812	6 187
Çipura	41 873	51 844
Levrek	74 653	75 164

Balıkların kültür koşullarında yaşamaya adapte olabilme yeteneği ve mevcut su koşullarında yaşayabilmesi, balık yetiştiriciliğinde en önemli unsurlar arasındadır. Bu bağlamda kültürü yapılacak balık türünün gereksinim duyduğu su kalite kriterlerinin bilinmesi ve önceden belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir (Alpaz, 2001; Egemen, 2005).

Günümüzde hem çevre hem de sağlık açısından tehlikeye sebep olan birçok kimyasal madde bulunmaktadır. Bu maddeler arasında sodyum hipoklorit hem fabrika hem de evsel atıklar ile çevre kirliliği ve sağlık açısından oldukça önem taşımaktadır. Sunulan bu çalışmada tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan sodyum hipoklorit, farklı konsantrasyonlarda gökkuşağı alabalıklarına (*Oncorhynchus mykiss*) verilerek şekillenen klinik-patolojik bulgular kapsamlı olarak değerlendirildi ve incelendi.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Atık Suyun Dezenfeksiyonu ve Tarihçesi

Su kaynaklarının klorlanması 1850'den beri suyun güvenliği açısından önemli bir işlem olarak uygulanmaktadır. Bazı hastalıkların su ile iletildiğini gösteren kesin bulgularla birlikte salgınlar sırasında hipoklorit ile arıtım yaygın hale gelmiştir (Toröz, 2013). Kirli suyun temizlemesi ilk kez Kaliforniya'da başladı. Kaliforniya'da sahil alanlarında denizlerde ciddi bir kirlilik söz konusu olmakla birlikte, 1920 yılında başlayan, Sağlık Mühendisliği Bürosu Los Angeles şehriyle Hyperion WWTP'den atılan kirli suyu temizlemek için 20 yıl süren bir mücadeleye girdi. Atılan kirli su sadece bu sahilin 10 mil genişliğindeki alanındaki denizel kirliliğin sebebi olarak tanımlandı (California State Board of Health, 1943). Bu incelemenin sonucu, hem sahil hem de sörf sularının lağım suyuyla kirlendiğine ve bu yüzden insan sağlığına zararlı olmasına dayanarak bu sahil bölgesinin karantinaya alınmasına neden oldu. Bu kirliliğin tehlikeli durumunu düzeltmek için gerekli olan yeterli süreden sonra, Kaliforniya Devlet Kamu Sağlığı Kurumu banyo sularındaki kirlilikten dolayı Lons Angeles'a dava açtı ve banyo suyunun kirlenmesi davanın açık kanıtıydı (California State Board of Health, 1943; Stevenson, 1953). Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin kamu sağlık teşkilatları lağım suyu boşaltma ve su temini alımı arasında çok katlı bariyer veya çok katlı noktalar teorisine derinden bağlı kalmaktadır. Bu bariyerler atık su arıtma, kara sınırlandırması, seyreltme, zaman, mesafe ve içme suyu tesisini kapsar. Hastalık yayılmasının sıkı kontrolünü başarmak için, Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Kurumu (USEPA) ve devlet düzenleme kurumları belediye atık su artıklarının çevreye boşaltılmadan önce yeterince dezenfekte edilmesini şart koşturmaktadır (Jolley, 1975; Kobylinski ve ark, 2005). İngiltere'de 1904 yılına kadar su kaynaklarının sürekli klorlanmasıyla ilgili girişimde bulunulmamıştır. Kısa bir süre sonra 1908'de George A. Johnson, Şikago'da Union Stocks Yards'da Bubble Creek filtrasyon tesisinde suyun kalsiyum hipoklorit ile arıtımına başlamıştır. Bu olay ABD'ninde su kaynağının klorlanmasıyla ilgili ilk adımdır ve topluma içme suyu temin edilen kaynakların klorlanmasının halk sağlığı açısından en önemli konu olduğu görüşünü kabul ettirmiştir. O günden sonra su kaynaklarının dezenfeksiyonu günümüze kadar gelmiş ve neredeyse rutin bir uygulama olmuştur (Toröz, 2013).

Atık su dezenfeksiyonu, fiziksel veya kimyasal yollarla atık su kaynağındaki patojenik mikroorganizmaların kısmi imhası olarak tanımlanır. Dezenfeksiyon en iyi, klorun sulu çözeltileri, klor dioksit, hipoklorit, brom, brom klorit, ozon, perasetik asit, bromoklorodimetilhidantoin veya bu kimyasalların bileşimleri gibi kimyasal maddeler kullanarak gerçekleşir (Steichen ve ark, 2003; White, 2010). Ultraviyole ışığı (UV) atık su arıtma tesisi su artıklarını (WWTP) dezenfekte etmek için kullanılan yaygın olan başka bir araçtır. Atık su dezenfeksiyonun amaçları, hastalık yayılımını önlemek ve içme suyu teminlerini, plaj, kayıkcılık ve suyla temas eden sporlar için kullanılan alıcı sularını ve kabuklu deniz ürünleri yatağını korumaktır. Kalıntı kloru dezenfeksiyonu gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulduğundan ve klor su yaşamı için zehirli madde olduğundan, deklorlama (suyun klorunu giderme) yararlı bir işlemdir ve deklorlamanın amacı ise su yaşamının devamlılığını sağlamaktır (Steichen ve ark, 2003; Bourgeois ve ark, 2005; White, 2010).

2.2. Sularda Kirlenmeye Sebep Olan Etkenler ve Oluşumları

Sağlık sektöründeki gelişmelerle rağmen günümüzde insan sağlığını ve yaşamı için en büyük tehlike hastalık yapan mikroorganizmalardır. (Mayers ve ark, 1995; Bourgeois ve ark, 2005). 1900'li yıllara kadar dünyanın çeşitli bölgelerinde büyük çaplı salgınlar yoğun görülmekte olup ve su kirlenmesine bağlı salgınlar başlıcalarındandır. İçme sularının klorlanması ile suyun kirlenmesi sonucunda oluşan bulaşıcı hastalıkların görülme sıklığında büyük azalma olmuştur (Austin, 1999; Çaklı, 2013).

Suların kirlenmesinin başlıca sebepleri tüm canlılara zarar veren, denizlerdeki aktiviteleri bozan, su kalite dengesini değiştiren insanoğlu tarafından sulara verilen çeşitli kimyasal madde ya da maddelerdir (Austin, 1999; Kocabaş, 2012). Dezenfeksiyon basamağı su arıtımı için en önemli işlemlerden birisidir (IOC of UNESCO, 2016).

Suyun dezenfeksiyonu, su ortamında bulunan patojen mikroorganizmaların yok edilerek içilebilecek hâle getirilmesidir. Su içerisindeki organizmaların tamamen öldürülmesiyle olan işleme, suyun sterilizasyonu olarak tanımlanır (White, 2010). Sporlu bakteriler kist oluşturmalarından dolayı diğer bakterilere kıyasla dezenfektan maddelere karşı daha dayanıklıdır ve buna bağlı olarak normal dezenfeksiyonlarla yok edilemezler (Arthur ve ark, 1975; White, 2010). Suyun dezenfeksiyonunda ana sebep patojen mikroorganizmaların

öldürülmesi olup, su ortamındaki demirin, manganezin ve hidrojen sülfürün de oksitlenmesini sağlamaktır. Böylece kötü kokuları ve tatları meydana getiren bileşiklerin parçalanması sağlanmış olunur. Ayrıca dezenfeksiyonla arıtma tesislerinde bulunan alg üremelerine karşı önlem alınmış olunur. (Arthur ve ark, 1975; White, 2010; Çaklı, 2013).

Dezenfeksiyon prosesi patojen mikroorganizmaları elimine etmekte olup kullanılan dezenfektan bazı organiklere ve zararsız mikroorganizmalara da etki edebilmektedir (Akçay, 2008; Gates ve ark, 2009). Dezenfektan niteliğindeki en çok kullanıma sahip klorun sulardaki organik maddeler ile reaksiyona girerek sağlığa zararlı yeni bileşiklerin oluşmasına neden olduğu görülmüştür (Akçay, 2008; Gates ve ark, 2009).

Dezenfeksiyon, canlıların sağlığı açısından önemli bir su arıtım sürecidir (SDWF, 2014). Dünyada ilk olarak klor bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır (Aieta ve Berg, 1986). Fakat daha sonra klorun hastalık yapan mikroorganizmaların tümü üzerinde etkili olamadığı, klorlama sonucunda kanserojen olduğu düşünülen tehlikeli yan ürünlerin oluştuğu görülmüştür (Aieta ve Berg, 1986; Akçay, 2008). Bu sebeple günümüzde gelişmiş ülkelerde bu yan ürünlere sınırlamalar getirilmiştir (İTATS, 2005). Ayrıca sudaki organik madde, protein, yağ, karboksilik asit, amino asit, karbonhidrat ve hidrokarbon gibi organik maddeleri ihtiva eden bir karışımdır ve varlığı su arıtma işleminde hem işlevsel olarak hem de halk sağlığına verilebilecek zarar açısından önemli bir sorun olduğu bildirilmiştir (Aiken ve ark, 1985; Reckhow ve Singer, 1990; Oxenford, 1996).

2.3. Sularda Bulanıklık ve Organik Kirlenme

Sularda meydana gelen kirlenmeler özelliklerine göre organik kirlenme, anorganik kirlenme, bakteriyolojik kirlenme ve termal kirlenme şeklinde sınıflandırılır (Akçay, 2008). Suların kirlenmesi sonucu değişime uğrayan özelliklerine bağlı olarak sularda bulanıklık meydana gelir (Richardson ve ark, 2009). Bulanıklık terimi, suya ışık geçişini engelleyen veya görme derinliğini kısıtlayan askıda madde içeren sular için kullanılır (Longley ve ark, 1982; Aieta ve Berg, 1986). Bulanıklığa, turbülans derecesine bağlı olarak kolloid büyüklüğünden iri tane büyüklüğüne kadar geniş bir yelpazede dağılım gösteren askıda maddeler neden olabilir (Aiken ve ark, 1985). Göllerde ve diğer durgun sularda bulanıklık kolloid ve son derece küçük tanecikler nedeniyle olmaktadır. Nehirlerde ise bulanıklığın çoğu

akım şartlarından dolayı (sel, taşkın gibi) iri taneciklerden oluşmaktadır (Aiken ve ark, 1985; Toröz, 2013).

Bulanıklık sularda, zararlı organizmaların çoğu dezenfektana maruz kaldığı ancak evsel atık su katı maddeleri veya hayvansal alanlardan gelen sızıntı suları nedeni ile olan bulanıklık halinde zararlı organizmalar floklar içinde olabildikleri için dezenfektanlardan korunabilmektedirler (Clesceri, 1998; Toröz, 2013). Arıtılmış içme suyunda bulanıklık 1 nefelometri bulanıklık birimini (NTU) geçemez ve herhangi bir ay içinde günlük numunelerin % 95'i 0.3 NTU'yu aşamaz. Dünya Sağlık Örgütü yönetmeliğine göre tüketicinin, suyun görünümünden şikayetçi olmaması için tavsiye edilen bulanıklık değeri 5 NTU'dur. Ancak, belirli bir periyotta yeterli dezenfeksiyonun sağlanması için bulanıklık değerinin 1 NTU olması önerilmektedir (Toröz, 2013). Bulanıklığa çok farklı maddeler neden olabilir (Longley ve ark, 1982; Aieta ve Berg, 1986). Buzullardan beslenen nehir ve göllerdeki bulanıklığın nedeni çoğunlukla buzulların aşınmasıyla oluşan koloidal parçacıklar olduğu ve bu maddelerin çoğu inorganik yapıdadır ve kil ve silis içerdikleri bildirilmiştir (Gaffney ve ark, 1996). Nehirler okyanuslara doğru akarken yerleşim yerlerinden geçerler ve bu yerleşim yerlerinin arıtılmış veya arıtılmamış evsel ve endüstriyel atık sularını da bünyelerine alırlar (Longley ve ark, 1982; Aieta ve Berg, 1986). Bu atıklarda evsel atık sular büyük ölçüde organik madde az miktarda da inorganik madde içerdiklerinden bulanıklığa katkıda bulunurlar (White, 2010).

Nehirlere gelen organik maddeler bakteriler tarafından besin maddesi olarak tüketilirler ve sonuçta bakteriyel büyümeye neden olarak ilave bir bulanıklık meydana getirir. Azot ve fosfor gibi inorganik besin maddeler, atık su deşarjı ve zirai alanlardaki sulamalar ile taşınarak yüzeysel sulara gelirler ve alglerin gelişmesine neden olurlar ve bunlar da sulardaki bulanıklığa katkıda bulunurlar (Aiken ve ark, 1985; McGuire ve ark, 2006; White, 2010).

Organik madde (oksitlenebilirlik) suda bulunan organik maddelerin göstergesi olarak değerlendirilir (Gagnon ve ark., 2004; Rand ve ark., 2008). Sulardaki organik maddeler, mikrobiyal /çevresel kaynaklı kirlenmelere bağlı olarak kompleks biyotik ve abiyotik reaksiyonlar sonucu oluşur. Organik maddeler; küçük molekül ağırlıklı mikromoleküler yapıdan makromoleküler yapıya kadar, proteinler, yağlar, karboksilik asitler, aminoasitler, karbonhidratlar, nitrat, amonyak, nitrit, klor ve hidrokarbonlar gibi maddeleri içeren heterojen bir gruptur. Suda organik madde miktarının fazla olması mikrobiyal çoğalmaya uygun bir ortam sağlar (Roberts ve ark, 1980). Ancak, organik madde miktarı yüksek suda aynı

zamanda serbest klor bulunması ve mikrobiyal kirlilik bulunmaması ayrı bir risk oluşturmaktadır (Aieta ve Berg, 1986).

Organik maddelerin içeriği ve karakteri zamana ve yere bağlı olarak değişebilmektedir. Organik maddelerin sularda en çok bulunan bileşeni 0.45-µm lik filtreden geçmiş çözünmüş kolloid kısmıdır (Malcolm, 1991; Gaffney ve ark, 1996). Bazı biyojeokimyasal süreçlerin su ortamında meydana gelmesi organik maddelerin fizikokimyasal özelliklerini etkilemiştir (Thurman, 1985a; Aiken ve Cotsaris, 1995; Krasner ve ark, 1996b). Toprağa ve bitkiye ait kalıntılardaki organik maddelerin yağmurla ve yüzeysel akımla taşınımı, suların organik madde olarak katkıda bulundukları bildirilmiştir (Krasner ve ark, 1996b).

Organik maddeler, yüzey sularında ışığın geçirgenliğini kontrol eder, besinlerin biyolojik açıdan kullanılmasını etkileyip mikrobiyal büyümenin artmasında karbon kaynağı olarak görev alır (Thurman, 1985a; Aiken ve Cotsaris, 1995). Organik maddeler, karbonhidrat ve protein gibi mikrobiyal açıdan önemli olan yapıları da kendilerine bağlayabilirler. Sonuç olarak, su ortamında hareketsiz olan bu kimyasalların, yapıları ve reaksiyon ilişkileri kullanılarak varsayılan mesafelerden daha uzak başka alanlara taşınabilir (Steinberg ve Muenster, 1985; Aiken ve Cotsaris, 1995).

Doğal suların organik maddelerin içermesi suyun arıtım ve dağıtım sisteminde oldukça fazla problemler oluşturur (Owen ve ark, 1995; Krasner ve ark, 1996b). Organik maddelerin neden olduğu başlıca problemler arasında; dezenfektan yan ürünlerinin oluşturma olasılığı, dağıtım sisteminde mikrobiyolojik substrat olarak büyümeyi sağlayabilmesi, metaller ile hidrofobik sentetikleri yapısına bağlayıp onların arıtılmasını zorlaştırması, suda tat ve kokunun oluşması, arıtma sürecine zararlı olması ve sıvının koagülant haline geçmesi sonucu daha fazla dezenfektanların ve oksidantların kullanılmasına neden olabilir (Owen ve ark, 1995; Krasner ve ark, 1996b, Kitis, 2001).

2.4. Sularda Doğal Organik Maddeler

Doğal organik maddeler heterojen bir karışım olduğu için, sınıflandırılma amacıyla çeşitli önerilerde bulunulmuş ve kullanılmıştır. Doğal organik maddeler hümik fraksiyonlar ve hümik olmayan fraksiyonlar olarak ikiye ayrılmışlardır. Hümik fraksiyonlar hidrofobik olup, fenolikler ve karboksilikler içeren fulvik asitlerden ve hümik asitlerden oluşmaktadır. Hümik olmayan fraksiyonlar daha hidrofilitiktir. Hümik olmayanlar ayrıca polisakkarit,

protein, peptit, amino asit, molekül ağırlıklığı düşük asit, yağ ve karbonhidrat gibi biyokimyasal olan bileşikler barındırır (Thurman ve Malcolm, 1983; Amy, 1993; Owen ve ark, 1995).

Hümik maddelerin özgün bir yapısı olmadığı için, pH'a bağlı olarak sudaki çözünürlüğü temel alınıp, fulvik asitler, hümik asitler, hümin fraksiyonu pedojenik (toprak) kararlı organik maddeler ve akuajenik (sucul kaynaklı) kararlı organik maddeler şeklinde sınıflandırılır (Aiken ve ark, 1985). Bunların içinde fulvik asit fraksiyonları bütün pH aralıklarında çözünürler. Hümik asit fraksiyonları alkali çözünürdür ve düşük pH'ın 1-2 aralıklarında pıhtılaşır ve çöker (Thurman, 1985a). Hümik fraksiyonları bütün pH değerlerinde çözünmez olup asit veya baz ile ekstraksiyonları yapılamaz. Pedojenik olan (toprak) kararlı organik maddeler bitki kaynaklı olup aromatik bileşiklerin oluşturduğu bir karışım olarak değerlendirilir (Aiken ve Cotsaris, 1995).

Sulardaki doğal organik maddelerin çoğu su havzasındaki topraklardan kaynaklanır, akıntılar ve sığ yeraltı suları ile yüzey suyuna taşınır (Aiken ve ark, 1985; MacCarthy ve Suffet, 1989; Gaffney ve ark, 1996). Akuajenik kararlı organik madde, su kaynaklı olup ve genellikle alifatik organik madde içerirler. Çoğunlukla alifatik yapısı olup fenolik içerikleri ve aromatik bileşik içerikleri az olan algler, cyanobakteri türlerinin bozunması sonucunda oluşan bileşenler akuajenik kararlı organik maddelerin temel kaynağıdır (Rashid, 1985; Aiken ve Cotsaris, 1995). Akuajenik kararlı organik maddeler alglerden oluşan kısmı algojenik maddeler olarak tanımlanır. Akuajeniklerde hümik madde üretimi, çoğunlukla enzimsel aktivasyon olup oksidasyon tepkimeleri sonucu oluşur (Martin ve Pierce, 1975; Ranville ve ark, 1991; Aiken ve Cotsaris, 1995). Akuajeniklerde hümik madde oluşmasını sağlayabilen diğer tepkime, şeker ile amino asit arasında olan Brownian reaksiyonudur (Stuermer, 1975; Malcolm, 1991; Gaffney ve ark, 1996).

2.5. Hümik Olan Maddeler

Doğal sularda her zaman süspansiyon halde asılı maddeler bulunmaktadır. Bu maddeler özellikle üretim koşullarında birikim sonucu solungaçlar ve deri üzerinde travmatik etkili lezyonlar oluşturabilmektedirler (Heath, 1995; Roberts 2012). Sularda bulanıklığa yol açan süspansiyon maddeler biyotik ya da abiyotik faktörlere bağlı oluşabilirler. Bunlar su kolonunda bulunan planktonik organizmalar, ölü canlıların ayrışmaları sonucu kalıntıları,

canlıların metabolik artıkları, yetiştiricilik ortamında yenilmemiş yem parçaları, balık tarafından fazlaca üretilen mukus, kirleticilerin sebep olduğu asılı maddeler, karalardan gelen ya da sedimentten su kolonuna karışan jeolojik parçalar sayılabilir (Roberts, 2012; Hoşsucu ve ark, 2008). Bunları 25 mg/l altında süspansiyon maddeler bulunduran sular temiz sular olarak isimlendirilir. Bunların sulardaki miktarları 25-80 mg/l arası süspansiyon maddeler bulunduran sularda kalitenin azalmaya başladığı, 80-400 mg/l arasındaki durumlarda ise sulardaki yaşayan balık miktarının belirgin oranda azaldığı bildirilmiştir (Hoşsucu ve ark, 2008). Bu maddelerin, balık yumurtalarının üzerine yapışarak yumurtanın havalanmasına engel olmakla birlikte, eğer ortamda yoğun planktonik canlı gelişimi varsa bunlar oksijen tüketimleri, metabolik artıkları ve ölümleri suyun pH'ını düşererek balıkların gelişimini olumsuz etkiledikleri bildirilmiştir. Ayrıca bulanıklığın balıkların besin kaynaklarını bulabilmede zorlanma, görme duyusunun azalmasından dolayı hareketlerinde yavaşlama ve göçlerine engel olma özelliği göstermelerine bağlı olarak uzun süreli olduğunda önemli kayıpların şekillenebildiği belirtilmiştir (Egemen, 2005; Hoşsucu ve ark, 2008).

Bulanıklığı yaratan etkenlerin etki süresi, sıklığı, şiddeti, ortam su sıcaklığı ve diğer çevresel değişimler stresi beraberinde getirir. Su kolonunda asılı madde varlığı, bir yaş altı sockeye somonda (*Oncorhynchus nerka*), sediment parçalarının solungaç üzerine yapışması ile bu solungaçlarda artan mukus üretimi ile parlaklık oluşumu ve bu bağlamda solungaçların açılıp kapanma hızı arttığı bildirilmiştir (Servizi ve Martens, 1987). Sediment genellikle solungaç filamentlerde birikim gösterdiğinde, balıklar bunları uzaklaştırabilmek için solungaç kapaklarını hızlı hızlı açıp kapamaya başlar. Eğer irritant devam ederse, mukus üretiminde de artış görülür, bu durum solungaçlarda suyun sirkülasyonunu engelleyerek solunumu sınırlar (Iwama ve Farrell, 1998).

2.6. Sularda Dezenfeksiyon

Bir yüzeysel ve yeraltı su kaynağından alınan ham suyun içme ve kullanım amacıyla istenilen bir niteliğe getirilmesi için uygulanan işlemlerin tümüne su arıtımı denir. İçme suyu arıtımındaki ana amaçlar, suda bulunan sağlık açısından sakınca yaratabilecek patojen mikroorganizmaların giderilmesi, bulanıklık, renk, tat ve kokunun istenilen düzeye getirilmesinden ibarettir (Pett ve ark, 1993; MacKenzie ve ark, 1994; Clesceri, 1998).

İnsanlar eski çağlardan beri içme ve kullanma sularının kalitesini iyileştirmek için çaba harcamışlardır. M.Ö. 2000 yıllarına ait Sanskritçe yazılmış bir metinde ‘‘Kirli su ateş üzerinde kaynatılarak, güneşte bırakılarak, kızgın bir demir suyun içine daldırılarak veya kum ve çakıldan oluşan bir filtre yatağından geçirilerek arıtılmalıdır’’ denilmektedir. M.Ö. 2000 yıllarına ait Mısır yazılarında kirli suyun bakır kaplarda kaynatılarak, güneşte bekletilerek, odun kömürü filtrelerden geçirilerek arıtılabileceği böylece temizlenmiş suyun pişirilmiş kilden yapılan kaplarda saklanması gerektiği anlatılmaktadır (Aiken ve ark, 1985; MacCarthy ve Suffet, 1989; Pett ve ark, 1993; Gaffney ve ark, 1996; Clesceri, 1998).

Endüstri devriminin başlangıcı ile hızla artmaya başlayan dünya nüfusu mevcut kullanılabilir su kaynaklarının hızla tükenmesine yol açmış ve bir yandan nüfusun diğer yandan da gelişen endüstrinin ortaya çıkardığı kirlilik sorunu, günümüzde suların hangi amaçla olursa olsun, kullanılmadan önce istenilen niteliğe getirilmesini istisnadan öteye bir kural haline gelmiştir (Thurman ve Malcolm, 1983; Pett ve ark, 1993; Amy, 1993; Owen ve ark, 1995). Dezenfeksiyon bir suyun ihtiva ettiği sağlığa zararlı mikroorganizmaların giderilme işlemidir. Dezenfeksiyon terimi sterilizasyonla işlem yönünden birbiriyle karıştırılmamalıdır. Sterilizasyon işlemi, dezenfeksiyondan daha gelişmiş olup, sporlarla birlikte su içindeki bütün canlıların öldürülmesi işlemi olarak tanımlanır (Eroğlu, 2008). İçme sularında genellikle klor, ozon, klordioksit ve ultraviyole ışığı kullanılarak dezenfekte edilir. Dezenfeksiyonun başarılı olması için tüm organizmaların kullanılan kimyasal dezenfektan maddeye maruz kalması gerekir (Clesceri, 1998; Toröz, 2013).

2.6.1. Sularda Dezenfeksiyon İşlemleri

Su dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılan koagülasyon prosesleri, flokülasyon prosesleri, çökeltme prosesleri, filtrasyon prosesleri, kireç-soda metotları ile yumuşatma, karbonla adsorpsiyon prosesleri tutulup kalan mikroorganizmaların su sistemlerinden uzaklaştırılmasını sağlarlar. Su dezenfeksiyon işlemlerinde uygulanan prosesler, suda bulunan patojenik mikroorganizmaların % 60 - % 80 oranında giderilebildiği bildirilmiştir (Hoff ve Akin, 1986).

Su kaynaklarının klorlanması, kalsiyum hipokloritin depolanması sırasında normale göre kararsız olmasından dolayı ilk zamanlarda tercih edilen bir yöntem değildi. Gaz halindeki klorun sürekli olarak temin edilmesi için kullanılan cihazların keşfi 1912’de

gerçekleşmiş ve o tarihten sonra klorlama uygulaması hızla artmıştır (Clesceri, 1998). Klorun dezenfeksiyon amaçlı kullanımının artmasıyla su yoluyla bulaşan hastalık vakalarında önemli azalmalar meydana geldiği belirtilmiştir (Clesceri, 1998; Toröz, 2013). Ülkemizde ise su dezenfeksiyon işlemlerinde tesislerin az sayıda olması nedeni ile dezenfeksiyon işlemleri genellikle doğal suya uygulanır. Doğal suda bulunan kolloid maddelerin fazla olması ve sudaki bulanık olduğunda dezenfeksiyon işlemi daha da güçleşmektedir (Şengül ve Küçükgül, 1995; Clesceri, 1998). Fiziksel yöntemlerle yapılan dezenfeksiyon (ısı ve ultraviyole ışık ile) ve kimyasal yöntemlerle yapılan dezenfeksiyon (alkaliler ve asitlerle, ozonla, yüzey aktif kimyasal maddelerle, metal iyonlarıyla, halojenlerle ve potasyum permanganatla) sularda kullanılan başlıca dezenfeksiyon yöntemleridir (Hoff ve Akin, 1986; Şengül ve Küçükgül, 1995). Kimyasal dezenfeksiyon içerisinde yer alan klor, amip kistleri ve bazı bağırsak parazitlerinin yumurtaları dışında, bütün patojenleri ortadan kaldırabilen klor; suda bulunan organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona giren, çok aktif oksitleyici bir ajandır (Clesceri, 1998; White, 2010). Suyun dezenfeksiyonu için gereken klor miktarı, meydana gelecek kimyasal reaksiyonlara ve bakterisit etkisine bağlıdır. Bu miktar suyun “klor talebi” olarak bilinmektedir.

2.6.2. Sularda Dezenfeksiyon Sonucu Oluşan Reaksiyonlar

Klor ve hipokloröz asidi, amonyak ve doğal yollarla meydana gelen humik maddeleri içeren geniş bir maddeler topluluğu ile reaksiyona girmektedir (Toröz, 2013). Klor, fenollerle suya tat ve koku veren mono, di ve trikloraminler oluşturmak üzere reaksiyona girer. İlk önce THM’ler keşfedilmiştir ve içme suyundaki maksimum kirletici seviyesi 80 µg/L olarak düzenlenen bu bileşiklerin insan sağlığı açısından kanserojen şüphesi taşıdığı belirtilmiştir. En önemli THM türleri kloroform, bromodiklorometan, dibromoklorometan ve bromoformdur (Reckhow ve ark, 1990; Oxenford, 1996). ABD’deki 80 su kaynağında yapılan ilk araştırmalarda, klor ile dezenfeksiyondan kaynaklanan kloroformun tek başına ortalama konsantrasyonunun 21 µg/L ve maksimum konsantrasyonun ise 300 µg/L olduğunu göstermiştir (Aiken ve ark, 1985). İçme sularının klorlanması ile meydana gelen THM’ler, HAA’lar ve diğer henüz yönetmeliklerde yer almamış halojenli organik bileşiklerin konsantrasyonlarını azaltmaya yönelik çalışmalardan dolayı, klordioksit, ozon ve ultraviyole radyasyonu gibi diğer olası dezenfektanlar göz önünde bulundurulmakta ve kullanılmaktadır

(Miltner, 1976; De Leer ve ark, 1985; Aieta ve Berg, 1986; Akçay, 2008). Diğer dezenfektanların irdelenmesi zaman harcamaya değerkken, klordan meydana gelen klorlu organik bileşiklerin oluşumuna yönelik süregelen çalışmalar da gereklidir (Seeger ve ark, 1985; Aieta ve Berg, 1986). Geliştirme için çok sayıda imkan mevcuttur. Örneğin ozon, içme suyunda, arıtma tesisinde ön dezenfektan olarak kullanılır, ardından dağıtım sisteminde koruyucu olarak organik maddelere karşı serbest klordan daha az reaktif olan kloramini oluşturmak üzere amonyak ve klor ilave edilir. Kimyasalların kombinasyonlarıyla yapılan dezenfeksiyonlar, dezenfektan bakiyelerinin analizini araştırmacılar için daha zor hale getirir (Meier ve ark, 1986; Glaze ve ark, 1989).

2.7. Dezenfeksiyon Mekanizmasını ve Hızını Etkileyen Faktörler

Hastalık yapıcı mikroorganizmaların yok edilme mekanizması, kullanılan dezenfektanın ve mikropların türüne bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Kuvvetli oksitleyiciler ile hücre proteinine ve enzimlerine etki ederek gerçekleştirilen kimyasal dezenfeksiyon yöntemlerinin yanı sıra ısı ve radyasyon etkileri de dezenfeksiyon amacı ile kullanılmaktadır (Rook, 1974; Eroğlu, 2008). Oldukça karmaşık bir süreç olan dezenfeksiyon kinetiği henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. (Başaran, 1983; Aieta ve Berg, 1986; Tom, 1987).

Sıcaklık, pH, organik ve inorganik maddeler sularda dezenfeksiyon hızını etkileyen en önemli faktörler olarak tanımlanmıştır (Arthur ve ark, 1975; Tom, 1987; Kobylinski ve ark, 2005). Su sıcaklığının artması dezenfeksiyon tepkimelerinin hızını arttırdığı gibi aynı zamanda mikroorganizmaları da olumsuz yönde etkilemektedir. Ortam pH'ın değişmesi gerek mikroorganizmanın ve gerekse dezenfektanın etkinliğini değiştirdiği bildirilmiştir (Aiken ve ark., 1985).

Su ve atık sularda mikroorganizmalar için enerji kaynağı olan organikler dezenfeksiyona çeşitli şekillerde etki ederler; hücre üzerine yapışarak, dezenfektanın hücreye etkimesine engel olurlar. Dezenfektanlar ile tepkimeye girerek kompleksler oluştururlar. Bu komplekslerin dezenfektan etkileri çok zayıftır. Çoğunlukla, kuvvetli yükseltgen olan dezenfektanlar organikleri yükseltgeyerek kendileri indirgenirler ve dezenfeksiyon güçlerini yitirirler (Aieta ve Berg, 1986). Organik maddelerin etkisi kadar olmamakla birlikte demir ve mangan gibi bazı inorganik iyonlarda dezenfektanları indirgeyerek öldürücü etkilerini azaltabildikleri bildirilmiştir (Başaran, 1983). Bu sebeple sularda yapılacak olan dezenfektan

seçiminde ve kullanımında; dezenfektanın cinsi ve dozuna, temas süresine, suyun sıcaklığına, kimyasal özellikleri ile ortadan kaldırılabacak mikroorganizmaların cins ve özelliklerine bakılmalıdır (Eroğlu, 2008).

2.8. Dezenfeksiyon eşitleri

2.8.1. UV ile Dezenfeksiyon

UV cihazları, doğru tasarlandığı takdirde risksiz ve maliyeti düşük dezenfeksiyon yapabilir. UV sistemler, kimyasal maddelerin suya karışmadığı, suların tadını değiştirmedeği ve patojen mikroorganizma ve kimyasal bileşimlerin oluşmasına engel olduğu için tercih sebebi olmuştur. UV ışık, kabukluların depurasyon işleminde deniz suyunun dezenfeksiyonu için de kullanılabilir. UV, dezenfekte aşamasında kabukluların fizyolojisini etkileyecek maddeler bulundurmaz. Ancak UV ışığın suyu taraması, kendi yapısında bulunan mikrobik atıkları, inaktive etmez. İnaktivasyonu, sadece deniz suyundaki mikroplarla direk temas ederse meydana gelir (Liang ve ark, 1999; Huling ve ark, 2007; aklı, 2013). Kuvvetli gün ışığı bakteri, virüs ve sporlar üzerinde kalıcı inaktive özelliğe sahiptir. Bilim adamları oluşturdukları bir spektrum üzerinde ortalama 240-280 nm dalga boyunda UV-C ışınlarını bulmuşlar ve bu ışınları bu mikroorganizmaların başka canlılara zarar vermeden yok edilmesinde kullanmaya başlamışlardır (Lambert ve ark, 1996; Hung, 2006; White, 2010).

Ultraviyole sistemler akuakültürde; klorlama ve ozon sistemlerine göre daha ucuzdur ve etkili sterilizasyon sağlarlar. Kolay bir kurulumla sahiptirler. Suda herhangi bir kalıntı bırakmazlar. Yüksek doz diye bir durum söz konusu değildir. Sabit bir sistem içinde devamlı aynı etkiyi uzun süre gösterirler. Diğer sterilizasyon sistemleri gibi çevreyi etkilemezler (Duguet ve ark, 1989; Acero ve ark., 2001; Wilhelm ve ark., 2002).

2.8.2. Ozon ile Dezenfeksiyon

Ozon, su ve atık su arıtma tesislerinde kullanılan en güçlü oksidan ve dezenfektanlardan biridir. Ozon işletme içinde sentetik organik bileşenlerin (SOC) arıtımı, azaltılmış metallerin oksitlenmesi, ve tat ve kokuya neden olan bileşenlerin giderilmesi, renk, türbidite (parçacık

yoğunluğu), toplam organik karbon (TOC), ve klor dezenfeksiyonu yan ürün öncülleri için kullanılır. Ayrıca ozon, virüsleri ve koliform, *Escherichia coli*, *Giardia lamblia* ve hatta bazı durumlarda *Cryptosporidium* gibi bakterileri etkisiz hale getirmek için kullanılabilen güçlü bir dezenfektandır (Kinman, 1972; McCarthy ve Smith, 1974; IOA, 2008). Ozon (O_3) formülünde, üç oksijen atomunun bağlanması sonucu oluşup, oksijenin değişik formu olan, yüksek enerjiye sahip, dirençli olmayan bir gazdır. Bu sebeple ozon kullanılacağı anda üretilir. Ozon, güçlü oksidasyon özelliği nedeniyle klor ve UV sistemleri gibi dezenfeksiyon amacıyla kullanılmaktadır. Su dezenfeksiyonu, ambalaj sterilizasyonu, koku artımı gibi birçok işlem basamağında ozon yer almaktadır (Dyachov, 1976; Buffle ve ark, 2005; Çaklı, 2013).

Son derece güçlü yükseltgen olan ozon, $-112^{\circ}C$ 'de ergiyen ve $-193^{\circ}C$ 'de kaynayan suda çözünen bir gazdır. Ozon, oksijen gazının 7000 - 15000 V aralığında yüksek voltajda elektrik akımı verilerek üretilir. Bulanık olmayan ve filtrele uygulanmış suların dezenfeksiyonunda 0.5-1 mg/L derişiminde ozon gazı yeterlidir (Neemann ve ark, 2001; Kaya ve ark, 2002). Ozon gazının oksidant gücü nedeniyle dezenfektan türlerine kıyasla daha etkindir. Ozon gazı, hipoklorik asit ile dezenfeksiyonuna göre 25 kat, hipoklorit ile dezenfeksiyonuna göre 2500 kat, kloramin ile dezenfeksiyonuna göre 5000 kat kadar daha etkili olduğu bildirilmiştir (Singer ve ark, 1999; Çaklı, 2013). Çeşitli özelliklerinden dolayı ozon, su ürünleri sektöründe de birçok noktada kullanım yeri bulmaktadır. Bunlar içinde; ürünlerin yıkanması, donanımların dezenfeksiyonu, soğuk hava depolarının sterilizasyonu, buzun ozonlanması sayılabilir (Haag ve Hoigne, 1984; Çaklı, 2013). Ozon virüs ve bakterileri öldürme kapasitesine sahiptir (Bailey, 1973; Çaklı, 2013).

Günümüzde birçok ülkede ozon, şebeke sularının sterilizasyon aşamasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Su, ozon ile dezenfekte edildiğinde, içerisindeki patojen mikroorganizmalar yok edilir. Bunun yanında ozon gazı oksijene dönüşebildiği için klor gibi suda kalıntı oluşturmaz. Ayrıca ozon gazı su içerisindeki ağır metalleri ayrıştırarak uzaklaştırır. Kokular ve kötü tatlar yok edilip suyun rengi berraklaşır (Neemann ve ark, 2001; Kaya ve ark, 2002). Ozonla dezenfekte edilen deniz suyunda, ozonun subletal konsantrasyonuna ilişkin juvenil kalkan balığında (*Psetta maxima*, L.), şiddetli etkiyi tespit edebilmek için, sublethal ozonun 21 gün boyunca 3 farklı konsantrasyonu balıklar üzerinde incelenmiş ve bu balıkların solungaçlarında yaygın hiperplaziler ve lameller adezyon bildirilmiştir (Reiser ve ark, 2010).

Klor ve türevlerinin dezenfektan olarak kullanılırken bulaşıcı hastalıkları meydana getiren *Gardia* ve *Cryptosporidium* protozoaların yok edilmesindeki yetersizliği, klor ve

türevlerine karşı alternatif dezenfektan olarak ozon ile dezenfeksiyon yaygınlaşmıştır. Ozon güçlü bir oksidant olduğundan *Giardia* ve *Cryptosporidium* gibi protozoaları inaktive eder. Ağır metalleri oksitleyip çökmesini sağlar ve böylelikle suyun filtreleme işleminde, suyun tadında ve kokusunda bozulmayı engellemede klor ve türevlerinin kullanılmasından dezenfeksiyon yönünden daha üstündür. Çevre koruma ajansının raporuna göre bromatın derişim değeri 10 µg/L limitinde kabul görmüştür (Kinman, 1972; McCarthy ve Smith, 1974; IOA, 2008). Ozonlamayla dezenfeksiyon, işlem sırasında patojen bakterileri problemine sebep olan organik maddelerin miktarlarının artmasına neden olur. Bu sebeple ozonlama sistemi yapılırken patojen bakteri çoğalmasını engellemek için parçalanmış organiklerin biyofiltre yapılarak azaltılması ardından klorlama yapılması gereklidir. Diğer yandan ozon gazı üretimi pahalı bir prosesdir, elektrik enerjisi kullanıldığından dolayı ve enerjiye gerekli durumlarda güç düşüşü olduğundan sistemin çalışması durabilmektedir (Nerenberg, 2000; Yavich ve ark, 2004).

2.8.3. Kimyasal Bileşiklerle Dezenfeksiyon

Su kaynaklarının ve atık suların dezenfeksiyonunun başlıca nedeni suyla bulaşan hastalıkların yayılmasını önlemektir. Klor ile dezenfeksiyon uygulaması oldukça yaygın hale gelmiştir ve gerçek kullanılma nedeni genellikle hafife alınır. Kloraminler, klor dioksit, UV ve ozon gibi bu tip problemlere neden olmayan alternatif dezenfektanların kullanımı artmaktadır. Bu dezenfektanların kimyası kadar kullanımlarındaki sınırlamaların da bilinmesi gerekmektedir (Garrison ve ark, 1975; Prengle ve ark, 1976; White, 2010). Önemli sınırlamalardan biri klorlamanın *Giardia lamblia* ve *Cryptosporidium parvum* gibi bazı önemli hastalık yapıcı protozoalara karşı tek başına yetersiz olmasıdır (Korich ve ark, 1990; Ransome ve ark, 1993; Toröz, 2013). Suların dezenfeksiyonunda kullanılan diğer dezenfektanlar; brom, iyot ve potasyum permanganattır (Rice ve Netzer, 1982; Aieta ve Berg, 1986; Glaze ve ark, 1987; White, 2010).

Sudaki patojenik bakterilerin yok edilerek güvenle kullanılabilir duruma getirilmesi dezenfeksiyonla sağlanır (Başaran, 1983; MacKenzie ve ark, 1994; Toprak, 1996). Dezenfeksiyon özellikle halk sağlığı açısından çok önemlidir. En çok bilinen dezenfeksiyon işlemi klorlamadır (Berg ve ark, 1978; Toprak, 1996; MacKenzie ve ark, 1994). Klor, canlılara ve gıda ürünlerinin hijyen ve sanitasyonuna zararlı bir çok patojenik

mikroorganizmayı öldürdüğü ve başka dezenfeksiyon yöntemlerine göre ucuz olduğu için tercih edilmektedir. Klor ve klor türevleri en yaygın olarak kullanılan dezenfektanlardır (Clesceri, 1998; Pett ve ark, 1993; Korich ve ark, 1990; Ransome ve ark, 1993). Dezenfeksiyon yöntemlerinde klorlamayla dezenfeksiyon diğerlerine göre maliyet açısından ucuzdur. Klor ile türevleriyle dezenfeksiyon klorla oluşturulan bileşiklerden oluşan kimyasal maddeler uygun derişimleri ile yapılabilir. Klor ve türevleriyle dezenfeksiyon işleminde; gaz klor (Cl_2), sıvı klor (sodyum hipoklorit), toz klor (kalsiyum hipoklorit) ve klordioksit kullanılır (Aieta ve Berg, 1986; Eroğlu, 2008).

2.8.4. Klor ve Türevleriyle Dezenfeksiyon

Klorür tüm doğal sularda geniş bir konsantrasyon aralığında bulunur. Suyun mineral içeriği arttığında klorür konsantrasyonu da artar. Yüksek bölgelerdeki ve dağlardaki kaynak suları klorür açısından oldukça fakirken, nehir ve yer altı suları genellikle bol miktarda klorür içerirler. Deniz ve okyanuslar, söz konusu bu büyük su kütlelerine boşalan doğal suların kısmi buharlaşmasından kaynaklanan kalıntıları barındırırlar. Dolayısıyla deniz ve okyanuslarda klorür seviyesi oldukça yüksektir (White, 1998; Eroğlu, 2008; Toröz, 2013).

Klorür tuzları doğal sulara pek çok yolla karışır. Suyun çözücü özelliği toprak yüzeyindeki ve daha alt kısımlardaki klorürleri çözer. Okyanuslardan kaynaklanan sprey formlar, su damlacıkları halinde veya damlacıklar içindeki suyun buharlaşması sonucu meydana gelen çok küçük tuz kristalleri halinde karaya doğru taşınırlar. Bunlar taşındıkları iç kısımlara sürekli klorür götürürler. Okyanus ve deniz suları kendilerine dökülen derin nehir sularına hücum ederler. Bu durumda daha yoğun olan tuzlu su nehrin içine doğru (aşağı doğru) akan tatlı suyun altından yukarı doğru akar. Üst kısımda tuzlu ve tatlı suyun sabit karışımı söz konusudur. Derin bir kanala ve düz bir eğime sahip olan Hudson Nehri'nde deniz suyu yaklaşık 80 km bir mesafeyle nehrin içine doğru hücum eder. Bu deniz suyu girişimi Hudson Nehri'nin New York şehri için su kaynağı olarak kullanılmasını engelleyen en önemli faktördür (AWWA, 1992). Okyanuslara bitişik olan bölgelerde yer altı suları deniz suyu ile hidrostatik bir denge halindedir. Yer altı sularının aşırı derecede çekilmesi hidrostatik basınçta deniz suyunun lehine farklılık meydana getirir ve deniz suyu tatlı su bölgesine hücum eder. Benzer durum Florida ve Kaliforniya'nın pek çok bölgesinde meydana gelmektedir (Gordon ve Adam, 1995; AWWA, 2009; Toröz, 2013).

ABD'nin güneybatı bölgelerinde sulama amaçlı kullanılan suyun büyük bir kısmı sulama suyunda doğal olarak bulunan tuzları toprağa bırakarak atmosfere karıştırmaktadır. Yüksek tuz içeren sulama geri dönüş suları deşarj edildikleri yüzey sularının klorür içeriğini arttırma eğilimindedir. Bu olay ve normal buharlaşmalar kuzeydeki dağlardan güneydeki Meksika'ya akan Colorado Nehri'nin klorür içeriğinden önemli artışlara neden olmaktadır (Gordon ve ark, 1972; Toröz, 2013).

İnsan dışkı artıkları, özellikle de idrar, su ve gıda ile tüketilen klorüre eşit miktarda klorür içerirler. Bu miktar ortalama günde kişi başına 6 g klorürdür ve evsel atık sulardaki klorür miktarını, kanalda taşınan sudaki klorürün üzerine 15 mg/L daha eklenecek şekilde artırır. Böylelikle atık sular alıcı sulardaki klorür içeriğini önemli miktarda artırır. Endüstriyel atıkların çoğu önemli oranlarda klorür içermektedir (Toröz, 2013).

2.9. Klor ve Türevleri

Klor ve türevleri ile dezenfeksiyonda avantaj olarak kolay uygulanması, patojenik mikroorganizmaları öldürmesi ve diğer patojen demir, sülfat bakterilerini etkin bir şekilde yok edebilmesidir (Bernarde ve ark, 1967; Longley ve ark, 1982; White, 2010).

Klor ve türevlerinin yok edemediği bazı mikroorganizmalarda vardır (*Aeromonas sp.*, *Legionella sp.* gibi). Fakat klor ve türevlerinin güçlü dezenfektan özelliğinden dolayı bir çok mikroorganizmayla baş edebilir. Bu yüzden başarılı bir dezenfektan olduğu bildirilmiştir (Pett ve ark, 1993; MacKenzie ve ark, 1994; Clesceri, 1998; Çaklı, 2013). Yapılan bir çalışmada su ortamına klor ilavesiyle canlıların sağlığına kanserojen etkisi olan trihalometanların oluştuğu tespit edilmiştir. Çalışmada suda düşük miktarda bulunan trihalometanlar uzun bir süreçte bağırsak ve mesane kanserinin artmasının sebebi olabileceği tespit edilmiştir (Rook, 1974; Xie, 2001; Liu ve ark, 2004; Qi ve ark, 2004). USEPA'ya göre sudaki kirletici faktörler arasında trihalometanların kanserojen olduğu ve karaciğere, böbreğe ve sindirim sistemine zararlı olduğu belirtilmiştir. Bu sağlığı tehdit eden durum düşünülerek çoğu ülkede dezenfektan yan ürünleri için yasal limitler getirilmiştir (Williams ve ark, 1994). Trihalometanların ve haloasetik asitlerin kirletme seviyeleri sırasıyla ABD'de 80 µg/litre ve 60 µg/litre, çoğu Avrupa Birliği Ülkeleri'nde 30-100 µg/l iken Türkiye'de Sağlık Bakanlığının maksimum kirletici seviyesini 150 µg/l trihalometan miktarını limit olarak belirlemiştir (İTATS, 2005).

Uygun klorür konsantrasyonları insan sağlığı için zararlı değildir. Ancak 250 mg/l'nin üzerindeki konsantrasyonlarda suya pek çok insan için hoş olmayan tuzlu bir tat verir (Gates ve ark, 2009; White, 2010). Bu nedenle EPA, içme suyu klorür konsantrasyonu için sınır değeri 250 mg/l olan ikinci bir standart düzenlenmiştir. Aynı değer WHO standartları içerisinde de yer almaktadır. Su kaynaklarının sınırlı olduğu dünyanın pek çok bölgesinde 2000 mg/l gibi yüksek konsantrasyonlarda klorür içeren sular, insan vücudu bu sulara alıştığı için herhangi bir olumsuz etki yapmaksızın, evsel amaçlı kullanılmaktadır (White, 2010; Toröz, 2013).

Tarım ürünlerinin sulanması için kullanılan klorürlü sular, genellikle suyun toplam tuzluluğu ile birlikte kontrol edilirler. Evapotranspirasyon, sulanan bitkilerin kök bölgesinde klorür ve tuzluluğun artmasına neden olur. Kök bölgesinde tuzluluğun artması, bitki hücresinin içi ve dışındaki ozmatik basınç farkından dolayı mahsul açısından (bitki açısından) suyun alınmasını zorlaştırır. Bu nedenle, tuza hassas olan ürünlerin sulanması için içme suyu standartlarındaki veya bunun altındaki konsantrasyonlarda klorür ve tuzluluk içeren suların kullanılması gerektiği belirtilmiştir (Chauret ve ark, 2009; Toröz, 2013).

Bakteriyolojik test yöntemleri geliştirilmeden önce klorür ve azot için kullanılan kimyasal test yöntemleri ve bunların çeşitli şekilleri, yer altı sularının atık su ile kirlenmesinin belirlenmesinde temel oluşturmaktaydı (Bernarde ve ark, 1967; Longley ve ark, 1982; White, 2010).

Bunların izleyici olarak kullanımları, yerini çok küçük miktarları bile doğru şekilde ölçülebilen organik boyaların kullanımına bırakmıştır. Ancak, toprağın suya oranının yüksek olduğu yer altı suyu çalışmalarında, bunlar sudan daha yavaş hareket ettikleri için belli dereceye kadar yapışma eğilimindedirler. Bu durumda klorür veya daha az yaygın olan bromür gibi halojen izleyicinin kullanımı daha uygun olabilir (McGuire ve ark, 2006; Toröz, 2013).

2.9.1. Klor Türleri ve Bakiye Ölçümleri

Klor bakiyesinin ölçümü için kullanılan bakiye türleri iki tanedir. Bunlar bağlı klor (kloraminler) ve serbest klordur (Bernarde ve ark, 1967; Longley ve ark, 1982; White, 2010).

2.9.1.1. Kloraminler (Bağlı Klor)

Organik madde içine giren klor organik maddenin parçalanmaya başlamadan önceki halidir. Klor, azotla yani amonyakla reaksiyona girerek kimyasal bileşikler oluşturur bunlara kloramin denir. Bağlı klor yüksek dozda kullanılmasında özellikleri açısından yoğun klor kokusu, mukoza tabakasında ve vücudun değişik bölgelerinde irritasyonlara sebep olur (White, 2010).

2.9.1.2. Serbest Klor (Bağımsız Klor)

HOCl ve OCl^- bileşiklerin toplamı olan serbest klorla dezenfeksiyonda tüm mikroorganizmaların ölmesi sağlanır. Optimum seviyelerde kullanılan serbest klor, tat ve kokuyla hissedilmez ve tahriş edici özelliği yoktur (Bernarde ve ark, 1967; Longley ve ark, 1982). Serbest klor ilk olarak hipoklorit asitten (HOCl) gelmektedir. HOCl zayıf bir asit olup bazı iyonlara ayrılmaktadır (McGuire ve ark, 2006; Toröz, 2013). Bu çözümlerin derecesi su ortamının pH değerlerine bağlıdır ve pH'nın 5 seviyesinde su sıcaklığı $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ise hipoklorit asidin % 100'ü iyon olarak hipoklorit asit (HOCl) şeklindedir (Chauret ve ark, 2009; Toröz, 2013).

2.10. Klor ile Dezenfeksiyon

Klor gazı (Cl_2), periyodik cetvelde 7A grubundan olup, atom sayısı 17, atom ağırlığı 35,453 olup, kokusu keskin, yeşil-sarı rengine, sıkıştırma veya soğutma ($-34\text{ }^{\circ}\text{C}$) işlemiyle sıvılaşıp, tahriş etme özelliğine sahip ve toksisitesi yüksek bir gaz olmasıyla birlikte, havanın ağırlığından 2,5 kat daha ağırdır (Aieta ve Berg, 1986; Pett ve ark, 1993; Glaze ve ark, 1989; MacKenzie ve ark, 1994). Klorun ilk keşfedildiği zamanlarda bir bileşik olarak kabul ediliyordu. Klor maddesi gaz halinde, kalsiyum hipoklorit ve sodyum hipoklorit şeklinde bulunabilir (Aieta ve Berg, 1986; Egemen 2005). Klorla dezenfeksiyonun etkisi dört özelliğe bağlıdır; sudaki klor miktarına, suyun pH'na, klorun sudaki mikroorganizmalarla temas etme süresine ve sudaki sıcaklığına bağlıdır. Etkin bir dezenfeksiyon olması için bu dört özelliğin

olması gerekir (Pett ve ark, 1993; MacKenzie ve ark, 1994; Clesceri, 1998; AWWA, 2009; White, 2010).

Çizelge 2. pH değerine bağlı olarak klorun aktif olma oranı (İTATS, 2005).

pH	AKTİF KLORUN AKTİF OLMA ORANI
5.0	100
6.0	96
7.0	75
7.2	66
7.5	48
7.8	33
8.0	22

Tabloda görüldüğü gibi su ortamındaki klor miktarının dezenfeksiyon sürecindeki etkisi suyun pH'sına bağlıdır. pH derecesinin düşük olması serbest klorun yüksek dezenfeksiyon gücünün sahip olmasını sağlarken, pH'ı 7,5'ten fazla olduğunda dezenfeksiyon etkisi %50'nin aşağısında olur (Arthur ve ark, 1975; Tom, 1987; Kobylinski ve ark, 2005).

Klor, depurasyon suları için en eski dezenfekte yöntemidir. Klorin gazı ya da sıvı hipoklorit çözeltilerle suyun dezenfeksiyonu, depolamak için daha geniş rezervuarlar gerektirmesi ve klordan arındırma sebebiyle tavsiye edilmez. İyodoforların su dezenfekteğinde kullanımıyla ilgili çok az bilgi vardır. İtalya, iyodoforun su dezenfekteğinde ticari olarak kullanıldığı birkaç ülkeden birisi gibi gözükmektedir. Bir rapora göre 0,1-0,4 mg iyodofor/l bulunan bir depurasyon tankındaki suda, hızla bakteri azalmıştır. Kabukluların beslenmesinde ya da iyodoforlu suya maruz kabukluların yenebilirliği konusunda olumsuz bir rapora rastlanmamıştır (Aieta ve Berg, 1986; MacKenzie ve ark, 1994; Eroğlu, 2008; Çaklı, 2013). Klor, serbest klor formunda veya hipoklorit olarak kullanılır. Her iki formda da güçlü okside edici madde olarak davranır ve genellikle klor ihtiyacının aşıldığı miktarlara kadar çok az dezenfeksiyon etkisi gösteren yan reaksiyonlara hızlı bir şekilde kendiliğinden girer (Reckhow ve ark, 1990; Kobylinski ve ark, 2005; Toröz, 2013).

2.10.1. Klorla Dezenfeksiyonun Avantaj ve Dezavantajları

Klorun dezenfeksiyon sisteminde avantaj olarak değerlendirilen özelliklerinden depolanabilmesi, maliyeti düşük olması, kolaylıkla uygulanabilir olmasıdır. İşletme tesislerinin girişinde bulunan ana depodaki suyun dezenfeksiyonu için klor kullanımı dozaj pompasıyla yapılır. (Miltner, 1976; Aieta ve Berg, 1986; White, 2010). Klorlanmış su, sodyum tiyosülfat kullanılarak ve takiben kuvvetli havalandırma veya aktive edilmiş kömürden geçirilerek; depurasyon tanklarına gönderilmeden önce klordan arındırılabilir (Cremieux ve Fleurette, 1983; Bitton, 1994; Çaklı, 2013).

Klorla dezenfeksiyonda dezavantaj olarak, suda kokunun oluşması, klorun 20-30 dakikalık süre sonra etkisi görülür ve biraz beklenmesi gerekir. Bu sebeple reaksiyonun oluşması için kaba ihtiyaç vardır. Nedeni ise klorun reaksiyon gösterebileceği organik maddelerin su ortamında bulunmasıdır. Bununla birlikte suda azotlu bileşikler (amonyak) bulunması halinde, klorla dezenfeksiyon sonucu kanserojen etki gösteren bileşikler oluşabilmektedir (suyun klorlanması sonucu sudaki organiklerle oluşan trihalometan yani THM bileşikler insanlar için kanserojendir (Kobylinski ve ark, 2005; HSE, 2009). İşletme tesislerinin ana deposundaki suyu klorlanmasından sonra, suya bir depoda bekletme işlemi uygulanması gerekmektedir. Klorun daha önce uygulanan dozları artık, bazı virüs ve parazitlere karşı etkili değildir. Tam sterilizasyon sağlamak için, çok daha fazla dozlara gerek duyulur. Ancak bu düzeylerdeki klor miktarının, gıda ürünleriyle temas etmesi yasaklanmıştır (Arthur ve ark, 1975; Aiken ve ark, 1985; Tom, 1987; Reckhow ve ark., 1990; Oxenford, 1996).

2.10.2. Klorla Suyun Reaksiyonu

Klor, hipokloröz ve hidroklorik asit oluşturmak üzere suyla birleşir. Bu denge, pH değerinin 2-3 arasında olduğu vakumlu klorlama pompalarından gelen klorlu suyun herhangi bir suya dezenfeksiyon amaçlı ilavesinin olduğu temas anında baskındır (Aieta ve Berg, 1986). Reaksiyonların türü serbest Cl_2 tarafından belirlenir. Bu reaksiyonlar genellikle trihalometanlar, NCl_3 gibi istenmeyen bileşiklerin oluşumuyla sonuçlanır. Bu etkilerin minimize edilmesi amacıyla genellikle klorinatör besleme suyu olarak yüksek kalitede su

kullanılır. Klor uygulanan bölgede düşük pH koşullarının oluşumunu önlemek için hızlı karıştırma gereklidir (Cremieux ve Fleurette, 1983; Bitton, 1994; Toröz, 2013).

Hipoklorit, sodyum hipoklorit olarak çözelti formunda ve kalsiyum hipoklorit olarak kuru (katı) formda kullanılır. Lokal kaynakların kullanılabildiği ya da tuz çözeltilerinden yerinde klor üretiminin söz konusu olduğu ve atık suların dezenfeksiyonu gibi büyük miktarlarda dezenfektana ihtiyaç olduğu durumlarda, sodyum hipoklorit daha popülerdir. Kalsiyum hipoklorit ise sınırlı miktarlarda ihtiyaç duyulması halinde veya aralıklı kullanımlar istendiğinde popülerdir (Racioppi, 1994; ATSDR, 2002). Her iki bileşik suda hipoklorit oluşturmak üzere iyonize olur. Hipoklorit pH'ı artırma eğilimindeyken klor pH'ı düşürme eğilimindedir (IPCS, 1997; ATSDR, 2002; Toröz, 2013). Suyun pH'ı 6'dan yüksek ise HOCl, pH 8.5'den yüksek ise OCl⁻ etkindir. pH 7.5'de ikiside aynı miktardadır. Bu hususlar göz önüne alınarak, pH'ı yüksek ve yumuşatılmış sularada daha yüksek dozlar kullanmak suretiyle hipokloröz asidinin varlığı korunabilir. Çünkü hipokloröz asit daha aktif bir dezenfektandır (Bernarde ve ark, 1967; Longley ve ark, 1982; White, 2010).

2.10.3. Klorlamada Kullanılan Reaktifler ve Uygulama

Klor, katı halde kireç kaymağı ya da sodyum hipoklorit halinde kullanılır. Bu bileşiklerin içinde serbest klor miktarı normal şekilde % 25-30, stabilize şekilde %70 oranında bulunur. Sodyum hipoklorit solüsyon şeklinde de bulunur (IPCS, 2000; White, 2010). Değişik araçların yardımıyla kullanılan klordan, gaz halinde de yararlanılır. Gaz klor, yüksek basınç altındaki sıvı hale getirilmiş şekilde çelik tüplerde depolanır. İnsanın temas ettiği atmosferdeki konsantrasyon beher metreküp havada 3 miligramı aşmamalıdır. Sudaki çözünürlüğü 20°C sıcaklık ve 1 atmosfer basınç altında 7300 mg/l'dir (Einhorn, 1989; NPIS, 2014). En basit klorlama, içinde belli miktarda aktif klor bulunan bir kalsiyum hipoklorit veya sodyum hipoklorit solüsyonu ile yapılanıdır. Bu solüsyonun değeri klorun eriyebilme limitini geçmemelidir (Racioppi, 1994; ATSDR, 2002).

Kireç kaymağı, %30 aktif klor ihtiva edecek şekilde bulunur. Bu madde stabil olmadığı için kireç kaynağının bulunduğu kap açıldığında tümü kullanılmalıdır (Meier ve ark, 1985; NTP, 1992; Buschini, 2004). Sodyum hipokloritler suları yumuşatır. Kalsiyum hipokloritler ise, suyun sertlik derecesini artırır (IARC, 1991; Babl ve ark, 1998).

Klorla dezenfeksiyon sisteminin uygulanması değişik şekillerde olur. İşlevi yönünden amaca bağlı olarak sistemin işlem basamakları basit klorlamayla dezenfeksiyondan, serbest artık klorlamayla dezenfeksiyondan, kırılma noktası klorlaması ile klor giderme işleminden, kloraminasyon işleminden, ön klorlamayla dezenfeksiyondan ve ara klorlamayla dezenfeksiyondan oluşur (Cognet ve ark, 1986; Meier ve ark, 1986; Glaze ve ark, 1989; Toröz, 2013). Basit klorlama su kalitesi yüksek sularda filtrasyondan sonra yapılan klorlamadır. Bu işlemde artık olan klorlar, serbest klor olarak değerlendirilir. Serbest artık klorla dezenfeksiyonda arıtımı tamamlanmış sularda uç noktalarda kalan artık klorların % 80 ve daha fazlası serbest klor olarak kalacak şekilde olanıdır. Kırılma noktası klorlamasında su ortamındaki azot bileşiklerinin (amonyak gibi) bulunması önemli bir durumdur. Bu işlem serbest artık klorlamasıyla dezenfeksiyon uygulamasına benzerlik gösterir. Fakat klorla dezenfeksiyon sonrası, serbest klor miktarının bir kısmı düşebilir. Kloraminasyonda amaç ise, suyun klorla dezenfeksiyon işlemi yapılmadan önce amonyağı su ortamına vererek ardından monokloramine dönüştürerek artık klorların oluşmasını sağlamaktır. Ön klorlamayla dezenfeksiyon ise su arıtım sürecinde bütün işlem basamaklarından önce uygulanan dezenfeksiyon şeklidir. Ara klorlamayla yapılan dezenfeksiyon su arıtım sürecinde işlem basamakları arasında uygulanan ve özellikle filtrasyon yapılmadan önce uygulanan dezenfeksiyon şeklidir (Miltner, 1976; Aieta ve Berg, 1986; Aiken ve ark, 1985; Akçay, 2008).

2.10.4. Dezenfeksiyonda Klor ile Su Etkileşimi

Klorla dezenfeksiyonda, su ortamına verilen klorun bulunma süresi boyunca kalan bakiye klorun miktarının ölçülmesi gerektiği tespit edilmiştir. Klor atıldıktan sonra bulunma süresi boyunca nehir sularından ve musluk sularından bakiye klor ölçümü yapıp miktarın 0,5 mg/l minimum değerde aktif klor olması gerekir (Arthur ve ark, 1975; Başaran, 1983; Tom, 1987; Kobylinski ve ark, 2005). Dezenfektan olarak kullanılan her maddenin patojen mikroorganizma yok etme süresi farklıdır. Bu sürenin su ortamında bulunan aktif klora, suyun pH'sına ve su sıcaklığına bağlıdır. İşletmede bulunan ana depodaki suya verilecek klor miktarının, içindeki klorun bulunma süresi bazı testlerin sonunda tespit edilir. İşletmedeki su, işlem gördükten sonra bakiye klor miktarını ve su pH'sını ölçen cihazları her işletmenin

bulundurması gerekir (Cognet ve ark, 1986; Meier ve ark, 1986; Glaze ve ark, 1989; Şengül ve Küçükgül, 1995; Clesceri, 1998; Toröz, 2013).

2.10.5. Klorlama ile Oluşan Artık Ürünler

Sularda patojen mikroorganizmaların yok edilmesi için klorlamayla yapılan dezenfeksiyon sonucu patojen sayısını önemli derecede azaltmasına karşın, elde edilen hijyenik su ve sağlıklı içim olması açısından yeterli değildir. Ancak buna ek olarak çeşitli işlem basamaklarından geçirildikten sonra su kalitesi ve mikrobiyal kalite standart olan düzeye gelebilmektedir (Arthur ve ark, 1975; Tom, 1987; Kobylinski ve ark, 2005; Eroğlu, 2008).

Dezenfeksiyon etkinliğini azaltan faktörlerden biri endospor patojen bakterilerin kendini korumak amaçlı kist oluşturmalarıdır. Patojenleri inaktive etmek için kullanılan dezenfektanlar bakterilerin hücre duvarlarını ve yarı geçirgen membranlarına zarar verip buna bağlı olarak enzimlerin işlevini bozup, proteinlerin, nükleik asitlerin oluşumunu engellemektedirler. Buna ilaveten klorla yapılan dezenfeksiyonlar, tepkime sonu oluşan artık ürünlerin minimizasyonunu ve demir ve manganezin oksidasyonunu sağlanmasıyla birlikte kimyasal oksidasyonla sudaki kokunun ve rengin giderimini sağlarlar (Baker, 1963; Oliver ve Shindler, 1980; USEPA, 2001).

Su ortamlarında bulunan organik maddelerin klorla tepkimeye girmesi mutajenik ve karsinojenik bileşiklerin oluşumuna sebep olurlar (Cognet ve ark, 1986; Meier ve ark, 1986). Bu durum suyun sıcaklık, klor dozuna ve suyun klorla temas etme süresine bağlı olarak değişmektedir (Meier ve ark, 1986; Glaze ve ark, 1989; Kitis ve ark, 2001; Toröz, 2013).

Klorun suyla tepkimesi sonucunda HOCl ve OCl^- iyonları oluşur, bu iyonlar dezenfeksiyon sonucu oluşan artık ürünlerin oluşumuna neden olur (Reinhard ve Stumm, 1980; White, 1992; Symons ve ark, 1993; Larson ve Weber, 1994). Klorun suyla tepkimesi sonucunda oluşan HOCl ve OCl^- iyonları elektrofilik olup suda bulunan organik maddelerin elektron yönünden zengin olan bölgeleri ile tepkimeye girer. Bu organik yapılar azot bileşikleridir (Reckhow ve ark, 1990; Hanna ve ark, 1991; Harrington ve ark, 1996). Hümk maddelerin aromatik halkalarının kırılmasıyla ve oksidasyon sonucu suda klorlu artık ürünler oluşur. Organik maddelerin klorla tepkimesinden sonra kanserojen bileşikler oluşur (Johnson ve ark, 1982; Norwood ve ark, 1983; Seeger ve ark, 1985; De Leer ve ark, 1985).

2.11. Klor Çeşitleri

Klorun ilk keşfedildiği zamanlarda bir bileşik olduğu kabul ediliyordu. Klor maddesi gaz, sıvı ve toz şeklinde bulunabilir (Aieta ve Berg, 1986; Egemen 2005). Dünya genelinde klor ve türevleriyle dezenfeksiyon sık olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde de yaygın biçimde kullanılan üç tip dezenfektan türü vardır. Bunlar sıvı klor (likit klor, sodyum hipoklorit), gaz klor (Cl_2 , saf klor) ve kalsiyum hipoklorittir (Çaklı, 2013).

2.11.1. Saf Klor

Klorla dezenfeksiyonda klor gazı olarak kullanıldığından en saf olanıdır. Ülkemizde kolayca bulunabilen saf klor, diğer klorlu dezenfektanlardan maliyeti düşüktür ve diğerlerine göre daha verimlidir. Çünkü saf olması su pH'sını az daha düşürür. Bu sebeple sıvı klorla karşılaştırıldığında saf klor miktar yönünden daha az kullanılabilir (Aieta ve Berg, 1986; MacKenzie ve ark, 1994; Çaklı, 2013).

Atmosferimizde de bulunan klor gazı toksiktir. Bu sebeple dezenfekte etmek için kullanılırken dikkatli olunmalı iş güvenliği kurallarına uyulması gerekir. Klor gazının zehirleyici özelliği uygulama esnasında dezavantajdır. Bu sebeple klorun çok kullanılmadığı bazı işletmelerde gaz olarak kullanmak uygun değildir. Kloru çok kullanan büyük işletmelerde ve suların dezenfeksiyonunda gaz klor kullanılması gerektiğinde tehlikeyi minimum düzeyde tutmak için gaz klor tesisleri kurulmalıdır (Reckhow ve ark, 1990; Kobylinski ve ark, 2005; Toröz, 2013). Klor gazı, periyodik cetvelde 7A grubundan olup, atom sayısı 17, atom ağırlığı 35,453 olup, kokusu keskin, kolay yoğunlaşan, kuruyken metalle reaksiyon göstermeyen sıvı halinde ise metallerle tepkimeye giren, yeşil-sarı renginde olup, sıkıştırma veya soğutma (-34 °C) işlemiyle sıvılaşan, tahriş etme özelliğine sahip ve toksisitesi yüksek bir gaz olmasıyla birlikte, havanın ağırlığından 2,5 kat daha ağırdır (Aieta ve Berg, 1986; Glaze ve ark, 1989; Pett ve ark, 1993; MacKenzie ve ark, 1994; Clesceri, 1998).

Bileşiklerinden olan kloritin canlılar üzerindeki toksik etkisi kanda bulunan hemoglobini oksidasyona uğratar (Aieta ve Berg, 1986; White, 2010). Klor gazı suyla reaksiyonu sonucu hidrolizler ve iyonizasyonlar meydana gelir. Hidroliz reaksiyonu sonucu hipoklorit asit oluşur. İyonizasyon reaksiyonu sonucunda hipoklorit iyonu oluşur (Aiken ve

ark, 1985). HOCl kuvvetli, OCl⁻ ise zayıf bir dezenfektandır (Peavy ve Rowe, 1986; Muslu, 2001).

2.11.2. Toz Klor (Kalsiyum Hipoklorit)

Toz klor canlı yaşamına zararlı olmayıp kimyasal adı kalsiyum hipoklorittir . Kalsiyum hipokloritte % 65 oranda aktif klor bulunur. Kalsiyum hipoklorit nötr olup ve su pH'sını sabit tutar. Ayrıca depolama süresi uzun olup bozulmaz. Ambalaj halindeyken içindeki klorun oranı değişmez. Kalsiyum hipoklorit, sıvı klora göre kontrolünün kolay olduğu bir dezenfektandır (Aieta ve Berg, 1986; MacKenzie ve ark, 1994; Çaklı, 2013).

2.11.3. Sıvı Klor (Sodyum Hipoklorit)

Klorun türevlerinden olan sodyum hipoklorit sıvı klordur. Sıvı klorda % 15 oranda aktif klor bulunur. Sodyum hidroksitle klorun suda tutulması sağlanır, bu sebeple su pH'sı yüksektir. Sodyum hipoklorit ağırlığı suyun ağırlığının 1,5 katıdır (Aieta ve Berg, 1986; Çaklı, 2013). Sodyum hipoklorit, su pH'nı arttırıp buna bağlı olarak pH'ı artan suda sodyum hipokloritin dezenfeksiyon etkisinde azalma olur. Sıcaklık artışı (mevsimsel) sodyum hipokloritteki aktif klorun gaz hâlinde uçmasına neden olur ve barındırdığı aktif klorun oranında belirgin azalma olur (Racioppi, 1994; ATSDR, 2002).

Sıvı klor, klorlu dezenfektanlar arasında en çok kullanılan olup, kullanılmasında bazı dezavantajları vardır (Bitton, 1994; White,2010). Sodyum hipoklorit sıklıkla sıvı ağartma maddesi olarak söz edilir ve hem içme suyu hem de atık su arıtımında hipokloritlerin en yaygın şekilde kullanılan formudur (Cremieux ve Fleurette, 1983; Bitton, 1994; Toröz, 2013). Günümüzde, sodyum hipoklorit Labarraque'nin yönteminde yapılan değişimle saf klorun bir parçasını sodyum hipoklorit oluşturmak için iki parça sodyum hidroksit, sodyum klorür ve suyla karıştırarak üretilir (Racioppi, 1994; IPCS, 1997; ATSDR, 2002).

Sodyum hipoklorit solüsyonlarından suyu buharlaştırma girişimleri sodyum klorat, sodyum klorür ve buharlanmış suyun yıkımına yol açacaktır. Sodyum hipoklorit kimyasal olarak değişmediği yerde yani suyun sulu çözeltisinde üretilmelidir. Sodyum hipokloritin

depolama, dağıtım ve bu değişmezliğini devam ettirimesi için sulu çözelti içinde muhafaza edilmesi sağlanmalıdır (Einhorn, 1989; NPIS, 2014).

Klorat su içerken hoş değildir, bu yüzden sudaki bahsedilen kloratı azaltmak için yöntemler bulmak gerekli olmuştur (Meier ve ark., 1985; NTP, 1992; Buschini, 2004). 1970'lerde, birçok imalatçı klor ve yakıcı maddenin (caustic) sürekli reaktörle beslendiği kesintisiz işleme geçiş yaptı. Platin elektrodlar sürekli pH izleme için kullanılır ve sıralı ısı değiştirgeçleri çıkan ısıyı hızlı şekilde uzaklaştırmak için kullanılır. Fakat hala kesintisiz işlemler içerisinde çeşitli kimyasal işlem yöntemleri var ve bunların hala istenmeyen klorat iyonu üretebildiği dikkate alınmalıdır (UKTIS, 2012).

2.11.3.1. Sodyum Hipokloritin Konsantrasyon Özellikleri

Sodyum hipoklorit takviye etme sistem tasarımcısı için en doğru yöntem sodyum hipoklorit solüsyonundaki verilen ticari yüzdenin galon başına “mevcut klor” birimlerini belirlemektir. Çünkü sodyum hipoklorit debi oranları genellikle litre başına klor miligramları olarak ifade edilen dozajlardan elde edilir. Mevcut klor basit bir şekilde eşit klor miktarına göre ifade edilen oksitleyici gücün ölçümüdür. İlave olarak, çoğu devlet ve federal düzenleme kurulları temas süresi değerlerini belirlemede klordaki milyonda bir veya litre başına miligramlar kullandı ve bunu bakteri ve virüs etkisizleştirilmesi için gerekli gördü. Dolayısıyla, sodyum hipoklorit ve diğer hipokloritlerin kullanımı gittikçe popüler olsa bile, endüstri klor dozajını temel olarak standart haline getirdi (Garrison ve ark., 1975; Prengle ve ark., 1976; White, 2010).

Sodyum hipoklorit biyolojik organizmaları etkisiz hale getirebilme özelliğini sayesinde Federal Böcek İlacı, Mantar İlacı, Kemirgen Öldürücü (FIFRA) kanunu tarafından böcek ilacı olarak da listelenir. Sodyum hipokloritin gücünü ifade etmek için genellikle mevcut klor ticari yüzdesi kullanılır (Einhorn, 1989; NPIS, 2014).

2.11.3.2. Sodyum Hipokloritin Donma Noktası

Sodyum hipoklorit solüsyonlarının donma noktası ısısı derişime bağlıdır. Donma noktası artan derişimle birlikte azalır. Solüsyonun donması eritildikten sonra genelde solüsyonun kalitesini etkilemez; fakat sodyum hipokloritin donması hacmini genişletir, bu yüzden boru tesisatı, vana, pompa ve tanklar içinde gerçekleşen donma ekipmana önemli

derece zarar verebilir. Çökelti oluşmamasını sağlamak için eritilmiş hipoklorit solüsyonlarına çok dikkat edilmelidir (Racioppi, 1994; ATSDR, 2002). Sodyum hipoklorit buhar basıncı sık sık ayrışmadan ortaya çıkan oksijen gazıyla karıştırılır. Sodyum hipoklorit ayrışması daha sonra ayrışma yan ürünlerinin biri oksijen gazıdır (IPCS, 2000; White, 2010).

Sodyum hipoklorit solüsyonu, su ve diğer inorganik tuz solüsyonları gibi, sıvının üzerinde bir katman ile kapatıldığında, kapalı konteynır üzerinde buhar basıncı ortaya koyacaktır. Buhar basıncı çoğunlukla solüsyon ısısının bir fonksiyonudur. Solüsyon ısısı yükseldikçe, buhar basıncı artar. Sabit sıcaklıkta kapalı bir alandaki solüsyon zamanla bir denge geliştirecektir. Bu denge içersinde su (ve diğer bileşenler) sabit buhar basıncı sağlamak için buharlaşma ve çökeltme ile buhar ve sıvı halden ileri geri hareket edecektir. Buharlaşma ve çökeltme kimyasal tepkimelerden ziyada fiziksel işlemlerdir. Buharlaşmış moleküller tarafından kullanılan basınç buhar basıncı olarak düşünülür. Bu basınç çevre sıcaklığında olan çoğu inorganik sulu çözelti solüsyonlarında genelde düşüktür. Çünkü sodyum hipoklorit tarafından kullanılan buhar basıncı düşük, ayrışma sonucu ortaya çıkan oksijen gazından bağımsız olduğundan, daha az öneme sahiptir (IARC, 1991; Babl ve ark, 1998). Sodyum hipoklorit solüsyonundan verilen buhar basıncının çoğunluğu su olup, bu solüsyondaki baskın bileşendir ve hipokloröz asit ve klor monoksitin de buhar üst katmanından bulunduğu inanılmaktadır (Garrison ve ark, 1975; Prengle ve ark, 1976; White, 2010).

Sodyum hipoklorit ayrışması yavaş fakat devamlı bir süreçtir. Bu süreç kapalı bir çevrede denge geliştirmek için yavaşlamaz veya durmaz. Oluşan oksijenin bir kısmı solüsyon tarafından ayrılmış gaz olarak emilir. Bu emilim karbondioksidin in alkolsüz içeceklerde çözünmesine benzerdir. Sıvıda gazların çözünürlüğü çoğunlukla ısı bağımlıdır. Zamanla, solüsyon artık üretilen oksijeni ememeyecek duruma gelene kadar oksijenle doymuş olacaktır. Eğer sodyum hipoklorit solüsyonları genişleme olmadan tutulursa, ayrışma tepkimesi yavaş şekilde oksijen gazı üretecektir. Bu durum sodyum hipokloriti kullanan tesislerde boru ve vana tesisatlarında sıkıntılara neden olmuştur (Aieta ve Berg, 1986; MacKenzie ve ark, 1994; White, 2010).

Su arıtma tesislerinde, hidroklorik asit gibi asit kimyasallar zarları temizlemek için kullanılır. Ayrıca, hidrofluosilisik asit ve sülfürik asit işlem esnasında kullanılan kimyasallardır. Sodyum hipoklorit tankları, pompaları ve boru tesisatı bu kimyasallardan ayrı bir muhafaza alanlarında tutulmalıdır. Çünkü bu kimyasallar tehlikeli klor gazı çıkarttığı

durumda sodyum hipokloritin pH dengesini bozabilirler (Gordon ve Bubnis, 1995; Gates, 1998).

2.11.3.3. Sodyum Hipokloritin Tehlikeleri

Sodyum hipoklorit arıtılan su veya atık suya alkaliliği gideren saf klordan farklı olarak alkalilik ekler. Siyanür veya sülfite yıkımında sodyum hipoklorit veya saf klor kullanırken bunu anlamak önemlidir. Eğer yıkım düşük pH'da (asitli durumlar) gerçekleşirse, zehirli hidrojen siyanürü veya hidrojen sülfite salınabilir. Hidrojen sülfite sadece zehirli değildir aynı zamanda yanıcı ve kimyasal aşındırıcı maddedir. Bu yüzden tehlikeli durumlar yaratabilir (Senevirtine, 1973; USEPA, 2006). Sodyum hipoklorit solüsyonları asitli solüsyonlarla karıştırıldığında kuvvetli bir şekilde tepki verecektir (Craun ve McCabe, 1973; White, 2010).

Saf klorun derişimi, belli bir sıcaklıktaki solüsyonda klor çözünürlüğünü aşarsa, klor gazı ve büyük miktarda ısı salınacaktır. Genelde, sodyum hipoklorit diğer kimyasallarla özellikler asitlerle karıştırılmamalıdır. Sodyum hipoklorit amonyak veya amonyak tuzlarla karıştırma tehlikeli ve zehirli gazların üretimine de yol açacaktır (Krasner ve ark., 1989; Singer, 1994). Sodyum hipoklorit yağ, yakıt ve makine yağı gibi birçok organik bileşenlerle şiddetle tepkimeye girebilir. Uyumlu olduğu bilinmezse sodyum hipoklorit organik maddelerle karıştırılmamalıdır (Rook, 1974).

Sodyum hipoklorit gözleri ve cildi kısmen tahriş eder, solunum sistemine zarar verir ve burun ve boğazı yakar (Miller ve Uden, 1983). Bütün hipokloritler ışığa duyarlıdır ve ultraviyole ışığıyla (UV) maruz kaldığında ayrışma özelliği gösterirler (Symons ve ark.,1981; Hua ve Reckhow, 2007).

Pompa contası gibi ısıtılmış durumlarda kurumasına izin verilen Sodyum hipoklorit solüsyonunun daha yüksek derişimleri sodyum kloraj kristalleri, çarpma anında patlayarak ciddi zarara yol açan kimyasal olarak kararsız madde içerebilir. Böyle kazalar nadirken, kurutulmuş sodyum hipokloritle kirlenen ekipmanlar yıkayıp temizlenmeli ve kıyafet, ayakkabı ve kişisel koruyucu ekipmandan bütün tortular çıkartılmalıdır. Çünkü herhangi bir sodyum klorat maddesi tortusu tekrar kurutulduktan sonra ateş alabilir (Singer ve ark.,1992; Shorney, 1998; White, 2010).

2.11.3.4. Sodyum Hipokloritin Ayrışması

Sodyum hipoklorit sodyum kloriti sodyum klorat ve oksijen oluşturmak için zamanla yavaş yavaş ayrışır. Ayrışma süreci mevcut klor içeriğini azaltır ve istenmeyen yan ürünler üretir (Gordon ve Bubnis, 1995; Gates, 1998). Genelde, tepkime yavaştır ve çevre koşullarında gün ve haftalarca oluşur. (Aieta ve Roberts, 1983; Kaczur ve Cawlf, 1993). Ayrışma beyazlatıcı madde klorit, klorat ve oksijenlere ayrışana kadar devam edecektir; fakat, ayrışma oranı büyük ölçüde başlangıç derişimi, ısı, ve UV ışınına maruz kalma, pH, ve ağır metal iyonlarının bulunması gibi fiziksel ve kimyasal durumlardan etkilenir. Sodyum hipokloriti uygun depolama ve işletme kadar uygun satın alma şartnameleri de birkaç ay için solüsyonun sabitliğini sürdürecektir (AWWA, 2009; White, 2010).

Sodyum hipokloritin ayrışması sonucun birkaç tepkime mekanizmaları ortaya çıkar. Bunların ilki, baskın bir tepkime olan, klorat iyonu oluşum tepkimesidir. Bu tepkimede bir molekül klorat iyonu oluşturmak için 3 molekül OCl^- ayrışır. Verilen sodyum hipoklorit solüsyonunda bulunan klorat iyonu miktarı ayrışmanın bir kanıtı olabilir. Klorat iyonu oluşturma tepkimesi çoğunlukla solüsyonun başlangıç hipoklorit derişimi, ısı, ve pH' ından etkilenir. Klorat iyonu oluşturmak için sodyum hipokloritin ayrışması aslında klorit iyonunu nötr madde olarak gören iki adım tepkimesidir. İkinci tepkime oksijen üretim tepkimesidir. Çok yavaştır ve bütün ayrışma üzerinde az bir etkiye sahiptir. Fakat, metal iyonlar ve/veya UV ışını bu tepkimenin oranını arttırarak oksijen gazı oluşturmisk için daha çok hipoklorit ayırtırmak için bu tepkimeyi katalize edebilir. Çalışmalar iki tepkime mekanizmalarına bakarak ayrışmanın nispi oranları üzerinde yapıldı (Aieta ve Berg, 1986; MacKenzie ve ark, 1994). Ayrışmanın küçük yan ürünü olmasına rağmen, oksijen oluşumu tepkimesi sodyum hipoklorit kullanıcıları için büyük bir sorun oluşturmaktadır: Oksijen gazı oluşumu boru tesisatından muazzam basınç yükselmesine yol açabilir ve oksijenle doymuş hipoklorit solüsyonları (aşınmadan dolayı) ısıyı değiştirebilir ve solüsyon içinde kabarcıklar gibi oksijen gazı salabilir. Bu durum pompalama ile ilgili büyük sorunlara yol açabilir (Aieta ve Roberts, 1983; Kaczur ve Cawlf, 1993).

Sodyum hipoklorit kullanıcıları (özellikle su arıtma tesisleri) ayrışma sürecini ve bu sürecin klorat ve oksijen gazı oluşumundaki etkisini anlamak zorundalar. Çünkü bu durumları işletmeyi etkilemektedir. Amerikan Su Sağlama İşleri Kurumu (AWWA) 1995'te geniş çapta çalışmayı ele aldı. Klorat iyon oluşumunu azaltmak için bu çalışmanın detayları ve tartışmalarına bakılmalıdır. Genellikle sodyum hipoklorit dezenfeksiyonu aracılığıyla içme

suyuna klorat eklenebilmesinin iki yolu olduğu düşünülür (AWWA, 2009; White, 2010). AWWA (2009) yaptığı çalışmada sodyum hipoklorit ayrışmasından oluşan perkloratlar, bromat, ve diğerkirletici maddelerin oluşumunu etkileyen faktörleri incelemektir. Bu çalışma ayrışma sonucunda klorat ve perklorat oluşumunu anlamak ve kullanıcıların bu yabancı maddelerin oluşumunu en aza indirilmesi gerekmektedir.

2.11.3.5. Sıcaklığın Sodyum Hipoklorit Üzerine Etkisi

Bütün kimyasal tepkimelerin başlayabilmesi ve devam edebilmesi için aktivasyon enerjisi adı verilen enerjiye gereksinim duyarlar. Hipoklorit ayrışma tepkimeleri de aynı şekilde bu enerjiye ihtiyaç duyarlar. Sodyum hipoklorit solüsyonunda, düşük oranda ayrışmayı sağlayacak yeterli iç enerji mevcuttur (Miller ve ark, 1978; Aieta ve Berg, 1986; Hoigne ve Bader, 1994; Rand ve ark, 2008; White, 2010).

Bazı sodyum hipoklorit üreticileri sıcaklığı düşürerek ayrışmayı dengede tutmak için üretimden sonra ürünlerini hızlı soğutucaklardır. Bu, solüsyonu soğutucu suyu soğutucu madde olarak kullanan plakalı ve çerçeveli ısı soğutucusundan geçirirerek başarılıdır. Isı aktarımı metal aracılığıyla en iyi şekilde gerçekleşir; bu yüzden, ısı soğutucuları kimyasal direnç için egzotik metallerden yapılır; fakat, egzotik metaller sıklıkla nikel, bakır, ve demir gibi ayrışma için katalizör sağlayabilen ağır metaller içerir (AWWA, 2009; White, 2010).

Güneş ışığına direkt maruz kalan dışarıda kapatılmamış depolama alanları solüsyonun ortalama ısını arttıracak ve bu yüzden ayrışma oranı da artacaktır. Eğer içeride depolama ya da güneşlik sağlanmazsa, konteynırlar güneş ışığından gelen ısının emilimini azaltmak için açık renkte boyanmalı veya kaplanmalıdır (Bernarde ve ark., 1967; Longley ve ark., 1982; White, 2010).

2.11.3.6. Sodyum Hipokloritin pH Üzerine Etkileri

Sodyum hipokloritin pH'ı hassas bir konudur ve solüsyonun sabitliğinde önemli bir faktördür. İlave sodyum hidroksit konusu, sodyum hipoklorit sabitliğinin solüsyonun sabitliğini etkileyen diğerkparametrelerle hem bağımsız olarak hem birlikte olan ilişkisiyle ilgili tartışmalara yol açmaktadır (Miltner, 1976; Aieta ve Berg, 1986; Aiken ve ark., 1985; White, 2010). Suda çözülen sodyum iyonu saf kalır ve ayrıca bir değişim geçirmez. Fakat, hipoklorit iyonu aşağıdaki denkleme göre solüsyonda serbest hidrojen iyonları ile farklı ters

tepkimeye girer (Aieta ve Berg, 1986). Hidrojen iyonu asitlik ile ilgili olan hidrojen iyonlarının varlığını temsil etmektedir (Racioppi, 1994; IPCS, 1997; NPIS, 2014).

Sodyum hipoklorit sabitliği üzerine ayrıntılı çalışmalar minimum 0.025% kostiğin sodyum hipokloriti sabit tutmak için yeterli olduğunu göstermektedir. Sabit tutulan bu sodyum hipokloritin pH değeri 11.86'ya karşılık gelmektedir. Bu yüzden, çalışma en sabit depolama aralığı için pH seviyelerini 11.86 ve 13 arasında tavsiye etmektedir. Yüksek pH değerinde sodyum hipoklorit ayrışması ilave sodyum hidroksit ile solüsyonun artmış iyonik gücünden dolayı hızlanır (Rook, 1974; White, 2010).

2.11.3.7. Sodyum Hipokloritte Ultraviyole Işını Etkileri

UV, fotoliz diye adlandırılan işlem aracılığıyla sodyum hipokloritin ayrışma oranını arttırdığı bilinmektedir. Fotoliz oranı, sodyum hipoklorit solüsyonu tarafından emilen ışın miktarıyla orantılıdır. Sodyum hipoklorit için, bu işlem büyük ölçüde pH değerine bağlıdır. (AWWA, 1992; White, 2010). UV ışınının varlığı oksijen üretme tepkimesi için iki esas ayrışma tepkimeleri arasındaki ayrışma oranlarının dengesini değiştirir. Işın yoğunluğu arttıkça, ayrışma ağırlıklı olarak oksijen tepkimesine dönüşecektir. Sodyum hipoklorit solüsyonlarındaki UV ışınının etkisi yarı ömürü günlük durumlardan saatlik durumlara azaltıcıdır (White, 2010).

2.11.3.8. Kirlilik (yabancı maddeler) Sodyum Hipoklorit

Hem üretim hem depolama esnasında kirliliği azaltma, sodyum hipoklorit solüsyonlarının kimyasal sabitliği için çok önemlidir. Hammaddeler ve hipoklorit üretimde kullanılan kaynak su içerisinde, sodyum hipoklorit ayrışmasını katalize eden bu yüzden de ayrışmayı hızlandıran ağır metaller az olmalıdır. Bu metaller demir, nikel, bakır, kobalt veya manganezdır (CI, 2006).

Metal katalizörlerle olan baskın tepkime oksijen oluşum tepkimesidir ki bu tepkime en büyük işlemsel soruna yol açar. Daha yüksek ısı, düşük pH ve daha yüksek solüsyon gücü klorat iyon oluşuma tepkimesine yol açacaktır. Yüksek metal içerikli düşük kalitedeki sodyum hipokloritten kaçınılmalıdır (White, 1992). AWWA (2009) su arıtmada kullanılan

hipoklorit için detaylı standarta sahiptir. Bu standart partikül ebatı, yoğunluk gibi fiziksek özellikleri ve derişim limitleri, klor içeriği, ve olası kirlilik gibi kimyasal kriterleri içerir.

Su arıtma tesislerindeki hipokloritler AWWA standartlarını karşılaması gerekmektedir. Sodyum hipoklorit üretmek için kullanılan sodyum hidroksitin kalitesi oldukça önemlidir. Esas kirleten madde nikeldir. Nikel, sodyum hidroksit yapmak için kullanılan diyafram ve zar hücrelerinden salınabilir. Nikel, üretim tesislerindeki paslanmaz çelik boru tesisatı ve kapakçıklarında da vardır (Cremieux ve Fleurette, 1983; Bitton, 1994; White,2010). Demir, sodyum hipoklorit ayrışmasını katalize eden kötü madde olarak görülmektedir. Demir kaynağı genelde sodyum hipoklorit solüsyonları hazırlamada kullanılan kostiğin içinde bulunmaktadır (AWWA, 2009; White, 2010).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Denemede Kullanılan Balıklar

Bu çalışmada, Topçam Tarım Hayvancılık Su Ürünleri Tur. San. Ltd. Şti. (Çine /AYDIN) alabalık işletmesinden temin edilen 80 ± 10 g ağırlığında ve 10-12 cm büyüklüğünde gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kullanıldı. Oksijen takviyeli taşıma tankları ile getirilen balıklar (Resim 1. A) Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalında önceden hazırlanmış olan deneme havuzlarına alındı (Resim 1. B)

Çalışma dizaynı, Adnan Menderes Üniversitesi Deney Hayvanları Etik Kurulu tarafından, 2014 yılı IX. Oturumu ve 64583101/2014/147 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Uygulamadan önce balıkların ortama adapte olmaları için 21 gün beklendi. Adaptasyondan sonra kalan balıklar arasından toplam 80 adet gökkuşağı alabalığı denemede kullanıldı. Çalışmada 7 deneme (Grup I, Grup II, Grup III, Grup IV, Grup V, Grup VI ve Grup VII) ve bir kontrol grubu (Grup VIII) olmak üzere toplam 8 grup üzerinden planlandı. Grupların n sayıları ve uygulama dozları Çizelge 3.'de sunuldu.



Resim 1. A. Oksijen takviyeli tank içerisinde getirilen balıklar.

B. Kullanılan havuzlar ve balıkların genel görünümü.

Çizelge 3. Grupların sınıflandırılması ve sodyum hipokloritin balıklara uygulama miktarları.

Grup Adı	Sodyum Hipoklorit Uygulama Miktarı	Balık Büyüklüğü ve Ağırlığı	Balık Sayısı (n)	Uygulama süresi
Grup I	2 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup II	5 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup III	10 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup IV	20 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup V	40 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup VI	80 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup VII	100 µl/l	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün
Grup VIII	Herhangi bir uygulama yapılmadı	10-12 cm / 80 ± 10 g	10	35 gün

Gruplandırmayı takip eden ilk iki gün ortam değişikliği nedeniyle balıklara yem verilmedi. Sonraki günlerde iki numaralı pelet yem (Agromey Gıda Yem ve San. Tic. A.Ş.) ile her gün yemeleme yapıldı.

3.2. Denemede Kullanılan Kimyasal

Çalışmada balıklara su içerisine ilave edilerek verilen sodyum hipoklorit (Sigma-Aldrich , Katalog no; 7681-52-9) kullanılmıştır.

3.3. Denemede Kullanılan Havuzların Özellikleri

Çalışmada Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı Laboratuvarı'nda bulunan, 100 x 60 x 50 cm boyutlarında 8 adet havuz kullanıldı. Balıklar konulmadan önce havuzlar % 5'lik formaldehit solüsyonu ile iki saat süreyle dezenfekte edildi (Erer 2002). Suyun havalandırılması, her bir havuzda saatte 600 litre suyu filtre edebilen eksternal akvaryum filtreleri ve hava pompaları ile gerçekleştirildi. Deneme

süresince havuz sularının % 25'inin, dinlenmiş ve havalandırılmış sular ile günlük olarak değiştirildi.

3.4. Denemede Kullanılan Su

Suyun mikrobiyolojik ve kimyasal analizleri Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yapıldı. Sudaki çözünmüş oksijen miktarı Aydın Tarım İl Müdürlüğü Laboratuvarı tarafından ölçüldü. Bu analizler sonucunda, sudaki çözünmüş oksijen miktarı 10,10 mg/l olarak ölçüldü. Suyun sertlik derecesi 28 Fransız sertlik derecesi, pH'ı ise 7,6 olarak belirlenmiştir. Uygulama süresince, suyun sıcaklığı 12 °C olacak şekilde sağlandı. Su sıcaklığının standardizasyonunu sağlamak için çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı Laboratuvarında bulunan soğuk hava deposunda gerçekleştirildi.

3.5. Patolojik İnceleme

3.5.1. Makroskopik İnceleme

Uygulamayı takiben balıkların hareketleri gün boyu izlendi ve gözlenen klinik ve makroskopik bulgular kaydedildi. Ölen balıkların makroskopik bulguları tanımlanarak dijital fotoğraf makinesi ile (Olympus C-5050) fotoğrafları çekildi. Nekropsileri takiben balıkların tüm dokuları %10'luk tamponlu formalin solüsyonunda tespit edildi (Culling ve ark.,1985).

3.5.2. Mikroskopik İnceleme

Doku örnekleri, doku takip cihazında (Leica TP1020) otomatik olarak, alkol, ksilol ve parafin serilerinden geçirildikten sonra parafinde bloklandı. Bu bloklardan mikrotomda (Lecica RM2135) 5-6 µm kalınlığında alınan doku kesitlerinin tamamı hematoksilin-eozin (H.E.), gerekli görülenler yağ için oil red ile boyanarak ışık mikroskopunda (Olympus BX51)

incelendi (Culling 1985). Uygun görülen preparatlardan mikroskopik dijital fotoğraflar (Olympus C-5050) çekilerek bilgisayar ortamına aktarıldı.



4. BULGULAR

Bu çalışmada, 70 adet deneme grubu ve 10 adet kontrol grubu olmak üzere toplam 80 adet gökkuşağı alabalığı kullanıldı. Uygulama gruplarında çalışma; Grup I, Grup II ve Grup III'de, uygulamanın 35. gününde sonlandırıldı. Grup I ve Grup II' de bulunan balıklarda uygulama süresi boyunca ölüm görülmedi. Grup III'de uygulamanın 33., 34. ve 35. günlerinde ölen birer balık olmak üzere toplam üç balıkta ölüm şekillendi. Grup IV'de uygulamanın farklı günlerinde olmak üzere toplam 7 balıkta ölüm şekillendi. Bu grupta geriye kalan 3 balık ise uygulamanın 35. gününde ötanazileri gerçekleştirildi. Grup V, Grup VI ve Grup VII'de uygulama süresince balıkların tamamında ölüm görüldü.

Gruplarda ölümlere ilişkin bilgiler ile klinik ve makroskopik bulguların dağılımı Çizelge 4, Çizelge 5, Çizelge 6, Çizelge 7, Çizelge 8, Çizelge 9 ve Çizelge 10'da verildi. Bulgular var (+) ya da yok (-) şeklinde değerlendirildi. Balıklarda gözlenen mikroskopik bulgular ise şiddetine göre; yok (-), hafif (+), orta (++) ve şiddetli (+++) olmak üzere dört grupta değerlendirildi ve Çizelge 11, Çizelge 12, Çizelge 13, Çizelge 14, Çizelge 15, Çizelge 16 ve Çizelge 17'de sunuldu.

Kontrol gruplarında bulunan toplam on balık, sodyum hipokloridin verildiği uygulama gruplarındaki balıklarla eş zamanlı olarak ötanazi edildi ve nekropsileri yapılarak karşılaştırılmalı olarak incelendi.

4.1. Klinik Bulgular

Çalışmada ilk ölümler, sodyum hipokloridin en yüksek dozda verildiği Grup VII'de uygulamanın 2. saatinde görüldü. Grup V'de uygulamanın 5. saatinde, Grup VI'de ilk ölümler uygulamanın 4. saatinde görülmeye başlandı.

Sodyum hipokloridin düşük dozlarda verildiği Grup I ve Grup II'de bulunan balıkların tamamına uygulamanın 35. gününde ötanazi uygulandı. Her iki grupta bulunan balıkların kontrol grubu balıklarında olduğu gibi benzer klinik görünümde oldukları dikkati çekti. Bu gruplarda bulunan balıkların yem tüketimlerinin kontrol grubundaki balıklara göre daha az olduğu görüldü.

Grup III'te ilk ölüm uygulamanın 33. gününde görüldü. Diğer ölümler ise uygulamanın 34. ve 35. günlerinde şekillendi. Bu grupta kalan diğer balıkların ötanazileri ise uygulamanın 35. gününde gerçekleştirildi. Grup III'de ölen balıkların tamamında gözlenen tek klinik bulgu operkulumlarını sık sık açıp kapatmaları idi. Bu balıkların ölüme yakın dönemde su yüzeyine yakın bulundukları ve zaman zaman yan yüzme hareketi yaptıkları görüldü. Bu grupta ölümlerin görülmediği diğer balıklarda yem tüketimlerinde azalmalar oldukça belirgindi. Ayrıca bu balıkların gelişimlerinin kontrol gruplarındaki balıklara göre yavaş oldukları görüldü.

Grup IV'de ilk ölüm uygulamanın 9. gününde görüldü. Ölen bu balıkta ters yüzme ve dik yüzme gibi düzensiz yüzme hareketleri görüldü. Bu grupta bulunan diğer balıklarda ise ölümler, uygulamanın 12., 13., 15., 16., 18 ve 25. günlerinde şekillendi. Bu balıklarda düzensiz yüzme hareketleri oldukça belirgindi. Onikinci günde ölen balıkta ise yan yüzme hareketi oldukça belirgindi. Uygulamanın 13. ve 15. günlerinde ölen balıkların operkulumlarını sık sık açıp kapattıkları ve su yüzeyine yakın bulundukları saptandı. Bu grupta geriye kalan 3 balık ise uygulamanın 35. gününde ötanazi edildi. Bu balıklarda gözlenen tek klinik bulgu ise yem tüketiminde azalmalar idi.

Grup V, Grup VI ve Grup VII de tüm balıklarda ters yüzme, dik yüzme, havuz kenarlarına çarpma gibi düzensiz yüzme hareketleri saptandı. Balıkların tamamının operkulumlarını sık sık açıp kapattığı ve genellikle de bu klinik bulguyu gösteren balıkların su yüzeyine yakın bulundukları görüldü. Bu gruplarda ölümlerin hızlı bir şekilde şekillenmesi nedeni ile yem tüketimine ilişkin klinik bulgular tam olarak değerlendirilemedi. Herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol grubundaki balıklarda ise herhangi bir klinik bulguya rastlanılmadı.

4.2. Makroskobik Bulgular

Çalışmada, uygulama gruplarında şekillenen makroskobik bulguların dağılımı, sodyum hipokloritin uygulama dozuna göre farklılıklar gösterdi. Lezyonların dağılımı ve şiddeti ise uygulama dozuna bağlı olarak artan bir özellik göstermekteydi. Sodyum hipokloridin sırasıyla 20 µl/l, 40 µl/l, 80 µl/l ve 100 µl/l dozlarında verildiği Grup IV, Grup V, Grup VI ve Grup VII'de ölen balıklarda makroskobik bulgular en belirgin olarak solungaç, deri ve karaciğerde gözlemlendi. Sodyum hipokloridin düşük dozlarda verildiği Grup I, Grup II ve Grup III'de ise

makroskobik bulgulara ise en yaygın ve şiddetli olarak ise solungaçlarda daha az olarak da deride saptandı.

Grup I, Grup II ve Grup III'de solungaçlar solgun (Resim 2) ve yüzeyleri değişen miktarlarda mukus ile kaplıydı. Grup II ve Grup III'de az sayıda balıkta solungaçlarda peteşiyel kanamalar dikkati çekti. Solungaçlarda ödem ve mukus miktarı Grup III'de oldukça belirgindi. Grup III'de ölen üç balıkta solungaç kemeri boyunca çıplak gözle güçlükle seçilebilen peteşiyel kanamalar dikkati çekti. Her üç grupta deri rengine koyulaşma, bazı balıklarda ise deri rengine açılma deride gözlenen en önemli makroskobik bulgulardandı. Pullarda dökülmeler her üç grupta görülmekle birlikte Grup III'de ölen balıklarda daha şiddetli idi. Bu gruplarda karaciğerler genellikle şişkin ve solgundu. Karaciğerde konjesyonlu görünüm daha çok Grup III'de bulunan balıklarda görülmekle birlikte diğer grupların balıklarında ise az sayıda balıkta mevcuttu. Her üç grupta peteşiyel kanamalar yalnızca organın visceral yüzünde bulunmaktaydı. Hava kesesinde dikkati çeken en belirgin makroskobik bulgu, her üç grupta bazı balıklarda gözlenen şişkinlik ve matlaşma idi. Hava kesesinde peteşiyel kanamalar Grup III'de ölen iki balıkta saptandı. Bu gruplarda sindirim sisteminde dikkati çeken herhangi bir makroskobik bulguya rastlanılmadı. Grup III'de ölen bir balıkta posteriyör bağırsak bölümünün serozasında hafif şiddette peteşiyel kanamalar dikkati çekti. Mide ve pilorik keselerin lümenlerinde yem içeriği her üç grupta da görüldü. Dalaklar yalnızca Grup III'de ölen bir balıkta şişkin ve yumuşak kıvamlıydı.

Grup IV'de solungaçlar genellikle solgun renkteydi. Onikinci ve 15. günler arasında ölen balıklarda solungaçlarda mukus artışı oldukça belirgindi. Uygulamanın 16. ve 25. günlerinde ölen balıklarda çıplak gözle güçlükle seçilebilen peteşiyel kanamalar görüldü. Uygulamanın 35. günlerinde ötanazi edilen balıklarda ise saptanan tek makroskobik bulgu ise mukus artışı idi. Deride pullarda dökülmeler yaygın olarak görüldü (Resim 3). Uygulamanın 9. ve 16. günlerinde ölen balıklarda deri rengine hafif açılmalar görüldü. Uygulamanın 25. gününde ölen bir balıkta ise deri rengine koyulaşma oldukça belirgindi (olgu no; 7). Dokuzuncu ve 12. günde ölen balıklarda karaciğerler şişkin ve konjesyonluydu. Uygulamanın 15. ve 16. günlerinde ölen iki balıkta organın yalnızca pariyetal yüzeyinde peteşiyel kanamalar saptandı. Karaciğerde hafif renk değişikliği 25. günde ölen bir balık ile 35. günlerde ötanazi edilen üç balıkta görüldü. Hava kesesinde şişkinlik 9. ve 15. günlerde ölen balıklarda saptandı. Uygulamanın 16. ve 18. günlerinde ölen iki balıkta ise hava kesesi matlaşmış ve serozasının bazı alanlarında peteşiyel kanamalar görüldü. Onikinci ve 13. günlerde ölen iki balıkta kalpte perikardiyal boşluk kan ile dolu durumdaydı. Ölümünün görüldüğü balıklarda

mide ve pilorik keselerdeki yem içeriği kontrol grubu balıklara göre oldukça az durumda idi. Mide ve pilorik keseler ile bağırsak serozasında kanama yalnızca uygulamanın 9. ve 13. günlerinde ölen balıklarda saptandı.

Sodyum hipoklorid'in yüksek dozlarda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII'de en belirgin makroskobik bulgu solungaçlarda saptandı. Bu gruplarda solungaçlarda ilk dikkati çeken makroskobik bulgu ise ödem, hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar idi. Vasküler lezyonların görülmediği olgularda ise solungaçlar solgun ve yüzeyi mukus salgısı ile kaplıydı. Çıplak gözle güçlükle seçilebilen peteşiyel kanamalar solungaçlarda düzensiz bir yerleşim göstermekteydi. Bu grupların tamamında görülen ekimotik kanamalar ise her üç grupta bulunan birçok balıkta yaygın olarak görüldü (Resim 4). Her üç grupta deride gözlenen tek makroskobik bulgu yoğun mukus artışı idi (Resim 5). Grup VII de daha yaygın ve şiddetli olmak üzere gözlenen mukus artışı vücudun tamamında gözlemlendi. Grup 5'de uygulamanın 5. saatinde ölen iki balıkta (olgu no; 1, 2) deride çıplak gözle güçlükle seçilebilen peteşiyel kanamalar bulunmakta idi. Bu kanamalar Grup 6'da üç balıkta toplam üç balıkta (olgu no; 3, 4, 6), Grup VII'de ise toplam dört balıkta (olgu no; 2-5) saptandı. Karaciğerler genellikle şişkin ve ödemliydi. Her üç grupta bazı balıklarda karaciğerde konjesyon oldukça belirgindi. Her üç grupta peteşiyel kanamalar yalnızca organın parietel yüzünde gözlemlendi. Her üç grupta hava keselerinde gözlenen tek makroskobik bulgu şişkinlikti. Kalpte her üç grupta perikardiyal boşluk kan birikimi sonucu genişlemişti. Her üç grupta bulunan balıkların dalak ve böbreklerinde dikkati çeken herhangi bir makroskobik bulguya rastlanmadı. Grup VI ve Grup VII de bulunan bazı balıkların bağırsak serozalarında peteşiyel kanamalar dikkati çekti.

Çizelge 4. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup I)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskobik Bulgular																										
						Solungaç				Deri				Karaciğer				Hava Kesesi		Kalp	Dalak		Böbrek		Mide ve Pilorik Keseler-Bağırsak							
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konhesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroperekardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilorik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik
1	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
2	35. gün*	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
3	35. gün*	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
4	35. gün*	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
5	35. gün*	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
6	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
7	35. gün*	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
8	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
9	35. gün*	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
10	35. gün*	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskobik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskobik bulgu görüldü.

Çizelge 5. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskopik bulgular (Grup II)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskopik Bulgular																											
						Solungaç				Deri				Karaciğer				Hava Kesesi			Kalp	Dalak			Böbrek			Mide ve Pilonik Keseler-Bağırsak					
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konjesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik		Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroprikardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilonik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik
1	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
2	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
3	35. gün*	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
4	35. gün*	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
5	35. gün*	+		-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
6	35. gün*	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
7	35. gün*	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
8	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
9	35. gün*	-		-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
10	35. gün*	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskopik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskopik bulgu görüldü.

Çizelge 6. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskobik bulgular (Grup III)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskobik Bulgular																											
						Solungaç				Deri				Karaciğer				Hava Kesesi		Kalp	Dalak			Böbrek			Mide ve Pilorik Keseler-Bağırsak						
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konjesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroperikardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilorik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik	Bağırsak serozasında kanama
1	33. gün**	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
2	34. gün**	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
3	35. gün**	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
4	35. gün*	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
5	35. gün*	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
6	35. gün*	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
7	35. gün*	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
8	35. gün*	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
9	35. gün*	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
10	35. gün*	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskobik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskobik bulgu görüldü.

Çizelge 7. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskopik bulgular (Grup IV)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskopik Bulgular																											
						Solungaç				Deri					Karaciğer					Hava Kesesi			Kalp	Dalak			Böbrek			Mide ve Pilorik Keseler-Bağırsak			
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konjesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroperekardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilorik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik	Bağırsak serozasında kanama
1	9. gün**	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	
2	12. gün**	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
3	13.gün**	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	
4	15. gün **	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	16. gün**	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
6	18.gün**	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
7	25. gün**	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
8	35. gün*	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
9	35. gün*	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
10	35.gün*	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskopik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskopik bulgu görüldü.

Çizelge 8. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskopik bulgular (Grup V)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskopik Bulgular																											
						Solungaç				Deri					Karaciğer					Hava Kesesi			Kalp	Dalak			Böbrek			Mide ve Pilorik Keseler-Bağırsak			
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konjesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroperikardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilorik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik	Bağırsak serozasında kanama
1	5. saat **	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5. saat **	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	5. saat **	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
4	5. saat **	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5. saat **	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	5. saat **	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	6. saat **	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	6. saat **	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	7. saat **	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	8. saat **	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskopik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskopik bulgu görüldü.

Cizelge 9. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskopik bulgular (Grup VI)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskopik Bulgular																											
						Solungaç				Deri				Karaciğer				Hava Kesesi		Kalp	Dalak			Böbrek			Mide ve Pilorik Keseler-Bağırsak						
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konjesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroperikardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilorik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik	Bağırsak serozasında kanama
1	4.saat**	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
2	4.saat**	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	4.saat**	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
4	4.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	5.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5.saat**	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	6.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	6.saat**	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6.saat**	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskopik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskopik bulgu görüldü.

Çizelge 10. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında ölüm günleri, klinik ve makroskopik bulgular (Grup VII)

Olgu No	Ölüm Günleri	Klinik Bulgular				Makroskopik Bulgular																											
						Solungaç				Deri				Karaciğer				Hava Kesesi		Kalp	Dalak			Böbrek			Mide ve Pilorik Keseler-Bağırsak						
		Yem tüketiminde azalma	Hareketlerde azalma	Su yüzeyine yakın yüzme	Düzensiz yüzme	Solgunluk	Hiperemi	Kanama	Mukus artışı	Renkte koyulaşma	Renkte açılma	Pullarda dökülme	Mukus artışı	Peteşiyel kanama	Ödem	Konjesyon	Peteşiyel kanama	Renk değişikliği	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Matlaşma	Peteşiyel kanama	Hidroperikardiyum	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Renkte koyulaşma	Yumuşak kıvamlılık	Şişkinlik	Kanama	Mide ve pilorik keslerde yem içeriği	Bağırsaklarda içerik	Bağırsak serozasında kanama
1	2.saat**	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
2	2.saat**	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	2.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
4	2.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
5	2.saat**	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2.saat**	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	3.saat**	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	3.saat**	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	3.saat**	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	3.saat**	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(**) ölüm, (*) Ötanazi, (-); Klinik/makroskopik bulgu görülmedi, (+) klinik/makroskopik bulgu görüldü.



Resim 2. A. Kontrol Grubu. Normal solungaç (ok, Grup VIII).
B. Solungaçlarda solgunluk (oklar), (olgu no; 4, Grup III).



Resim 3. A. Kontrol Grubu. Normal deri (Grup VIII).
B. Deride pullarda dökülmeler (okbaşları, olgu no; 2, Grup IV).



Resim 4. A. Kontrol Grubu. Normal solungaç (Grup VIII).

B. Solungaçlarda kanama (ok, olgu no; 5, Grup V)



Resim 5. A. Deri yüzeyinde yoğun mukus artışı (ok, olgu no; 6, Grup VII)

B. Kontrol Grubu. Normal deri (Grup VIII).

4.3. Mikroskopik Bulgular

Çalışmada, uygulama gruplarında şekillenen mikroskopik bulguların dağılımı ve şiddeti sodyum hipokloritin uygulama dozuna göre farklılıklar gösterdi. Mikroskopik bulgular, sodyum hipokloritin düşük dozlarda verildiği Grup I, Grup II ve Grup III'de hücresel değişikliklerin görüldüğü lezyonlar şeklindeydi. Grup IV'de hücresel değişiklikler ile birlikte ödem hiperemi ve kanamadan oluşan vasküler lezyonlar saptandı. Çalışmada sodyum hipokloridin yüksek dozlarda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII'de ise lezyonların tamamı vasküler lezyonlar şeklindeydi.

Bütün uygulama gruplarında en belirgin mikroskopik bulgular solungaçlarda görüldü. Grup I, Grup II ve Grup III'de solungaçlarda gözlenen en yaygın mikroskopik bulgu hiperplaziler idi. Her üç grupta interlamaller hücre hiperplazilerinin tamamı sekonder lamellerin dip kısımlarında görüldü (Resim 6). Hiperplaziler, Grup II ve Grup III'de bulunan bazı balıklarda genellikle sekonder lamellerin yarısına kadar yerleşim göstermekteydi. Grup I'deki bazı balıklar dışında hiperplaziler ödem ile birlikte bulunmaktaydı. Telangiektaziler her üç grupta şekillenmekle birlikte sekonder lamellerde düzensiz bir yerleşim göstermekteydi. Grup I dışındaki balıklarda ödem sonucu sekonder lamellerde genişlemeler oldukça belirgindi. Solungaçlarda eozinofilik granüler hücrelerde artış uygulama dozuna bağlı olarak Grup II ve Grup III görüldü. Grup I'de ise eozinofilik granüler hücrelerde artışlara ise yalnızca bir olguda (olgu no; 3) dikkati çekti. Bu olgularda ise bu hücrelerinin bazılarının degranülize oldukları görüldü.

Deride her üç grupta gözlenen en belirgin mikroskopik bulgu epidermisde gözlenen hafif dereceli dejenerasyonlar idi. Dejenerasyon sonucu epidermisde hücre bütünlüğünün bozulduğu olgulara yalnızca Grup III'de bulunan az sayıda balıkta saptandı. Grup II ve Grup III'de daha çok yoğun olmak üzere deride mukus hücrelerinde artışlar gözlenen diğer mikroskopik bulgulardandı.

Karaciğerde ödem ve hiperemi dışında herhangi bir mikroskopik bulguya rastlanılmadı. Her üç grupta az sayıda balıkta saptanan bu bulgular Grup III'de bulunan balıklarda ise daha çok sayıda balıkta bulunmakta idi. Grup II'de bulunan bir balıkta (olgu no; 7) hepatositlerde hafif şiddette dejenerasyonlar dikkati çekti. Ayrıca Grup III'de bulunan balıklarda daha çok balıkta olmak üzere hepatositlerin sitoplazmalarında keskin kenarlı yağ vakuelleri bulunmakta idi.

Her üç grupta hava kesesinde makroskopik olarak gözlenen mat görünümlü balıkların mikroskopik incelemelerinde serozanın ödemli olduğu görüldü. Grup III'de bulunan bazı balıklarda hava kesesi hafif ödemli idi. Grup III'de 33. ve 34. günlerde ölen iki balıkta serozal damarlar hiperemikti. Ayrıca bu balıklarda bir alanda az sayıda eritrositin bulunduğu kanama alanı dikkati çekti.

Kalpte Grup I' de bulunan balıklarda dikakti çeken herhangi bir mikroskopik bulguya rastlanılmadı. Grup II'de bulunan iki balıkta (Olgu no; 2, 3) endomizyumlarda ayrılmalar ile endotelyal makrofaj aktivasyonu saptandı. Grup III'de 33. ve 34. günlerde ölen iki balıkta epikardda damarlar hiperemikti. Ayrıca bu balıklarda kalbin spongiyöz tabakasının bazı alanlarında az miktarda eritrositler bulunmaktaydı.

Böbrekte gözlenen en belirgin mikroskopik bulgu melanamakrofaj merkezlerde gözlenen artışlar idi. Tubulus epitellerinde dejenerasyonlar ve eozinofilik hiyalin silindirleri her üç grupta da görülmekle birlikte Grup III'de bulunan balıklarda uygulama dozuna bağlı olarak daha çok balıkta saptandı.

Mide, pilorik keseler ve bağırsak Grup I, Grup II ve Grup III'de mikroskopik bulguların en az şekillendiği organlar idi. Ayrıca az sayıda balıkta tanımlanan bu lezyonlar, epitellerde hafif şiddette dejenerasyonlar ve eozinofilik granüler hücrelerde artışlar idi.

Çizelge 11. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup I).

Olgu No	Solungaç									Deri				Kas			Karaciğer							Hava Kesesi			Kalp			
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanama	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu
1	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	+	-	-	-	-	-	+++	+	++	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	+	-	-	-	-	++	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	++	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 11. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup I).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak							
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde deejenerasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Bez epitellerinde dejenereasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	+	+	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	+
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 12. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşığı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup II).

Olgu No	Solungaç								Deri				Kas			Karaciğer						Hava Kesesi			Kalp					
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüller hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanma	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu
1	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	++	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++
3	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
4	++	-	-	-	-	-	++	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	++	-	-	-	-	-	+++	++	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	++	-	-	-	-	-	+++	++	++	-	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	+++	-	-	-	-	-	++	++	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
10	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 12. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup II).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak								
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde deejenerasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenerasyon	Epitellerde dökülme	Bez epitellerinde dejenerasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenerasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenerasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	
1	-	-	-	-	+	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	+	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	++	+	-	-	-	-	++	-	+	+
6	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	+	+
10	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 13. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşuğu alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup III).

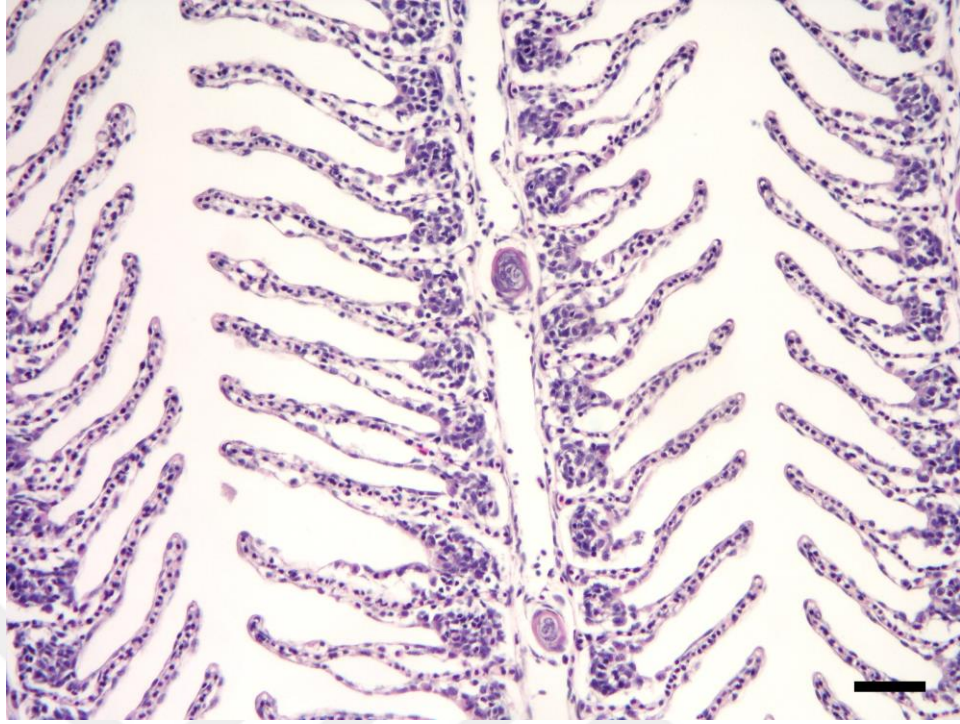
Olgu No	Solungaç									Deri				Kas			Karaciğer						Hava Kesesi			Kalp					
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanma	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu	
1	++	+	+	-	++	+	+++	+	+	-	-	+	++	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-
2	+++	+	+	-	++	+	+++	++	+	-	++	+	++	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	++	++
3	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
4	++	-	-	-	-	-	++	++	-	-	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
5	++	-	-	-	-	-	++	++	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	++	-	-	-	-	-	++	++	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	+++	-	-	-	-	-	+++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	-	-	-	-	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
9	++	-	-	-	-	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	++	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 13. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskobik bulguların dağılımı (Grup III).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak								
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde deejenerasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Bez eptellerinde dejenereasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	
1	-	-	-	-	+	+	++	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+
2	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+
6	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
10	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli



Resim 6. Solungaç. Sekunder lamellerin dip kısımlarında hafif hiperplazi.

HE., Bar: 30µm., olgu no, 7, Grup III.

Grup IV’de solungaçlarda ödem, hiperemi ve kanama, epitellerde nekroz, epitellerde dökülme, telangiektazi, ve hiperplazi (Resim 7) gözlenen başlıca mikroskopik bulgulardandı. Primer lameller arasında gözlenen kanama yalnızca uygulamanın 16. ve 25. günlerinde ölen birer balıkta saptandı (olgu no; 5, 7). Bu grupta ölen balıklarda damarlar genellikle hiperemikti. Solungaçlarda ödemin görüldüğü tüm olgularda sekunder lamel epitellerinde ayrılmalar ile birlikte epitellerde dökülmeler görüldü. Telangiektazi yalnızca uygulamanın 9. gününde ölen bir balıkta tanımlandı. Bu grupta değişen şiddette gözlenen hiperplaziler solungaçlarda gözlenen diğer mikroskopik bulgulardandı.

Deride epidermisde gözlenen dejenerasyonlar iki olgu dışında (olgu no; 1, 6), Grup IV’de bulunan tüm balıklarda tanımlandı. Balıklarda tanımlanan dejenerasyonlar ötanazi edilen balıklarda daha şiddetli idi. Epidermisde hücre bütünlüğünün bozulduğu olgulara yalnızca iki balıkta saptandı (olgu no; 1, 2).

Karaciğerde uygulamanın 9. ve 25. günlerinde ölen balıklarda damarlar hiperemikti. Bazı alanlarda sinüzoidler ve vena sentralisler yer yer genişlemişti. Dejenerasyonların görüldüğü olgularda edenoid yapılarda bozulmalar görüldü. Bu olgularda hepatositler genellikle şişkin ve sitoplazmaları granüler görünümde idi. Hepatositlerin sitoplazmalarında keskin kenarlı yağ vakuollerine ise yalnızca uygulamanın 35. gününde ötanazi edilen balıkta saptandı.

Hava kesesinde gözlenen mikroskopik bulgular ödem, hiperemi ve hafif kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar şeklindeydi. Hava kesesinde kanamalar uygulamada ölen iki balıkta (olgu no; 3, 6) bulunmakta idi.

Kalpde epikardiyal damarlar hiperemikti. Uygulamanın 12. ve 18. günlerinde ölen balıklarda perikardiyal boşlukta eritrosit birikimleri görüldü. Kalpte endokardiyal makrofaj aktivasyonu ise az sayıda balıkla gözlenen diğer mikroskopik bulgulardandı.

Böbrekte ödem hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar oldukça belirgindi. Kanamalar genellikle düzensiz bir yerleşim göstermekteydi. Böbrekte dejenerasyonların proksimal tubulus epitellerinde değişen büyüklüklerde eozinofilik hiyalin damlacıkları görüldü.

Mide, pilorik keseler ve bağırsaklar Grup IV'de şekillenen en belirgin mikroskopik bulgu, epitellerde hafif şiddette dejenerasyonlar ve eozinofilik granüler hücrelerde artışlar idi.

Çizelge 14. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup IV).

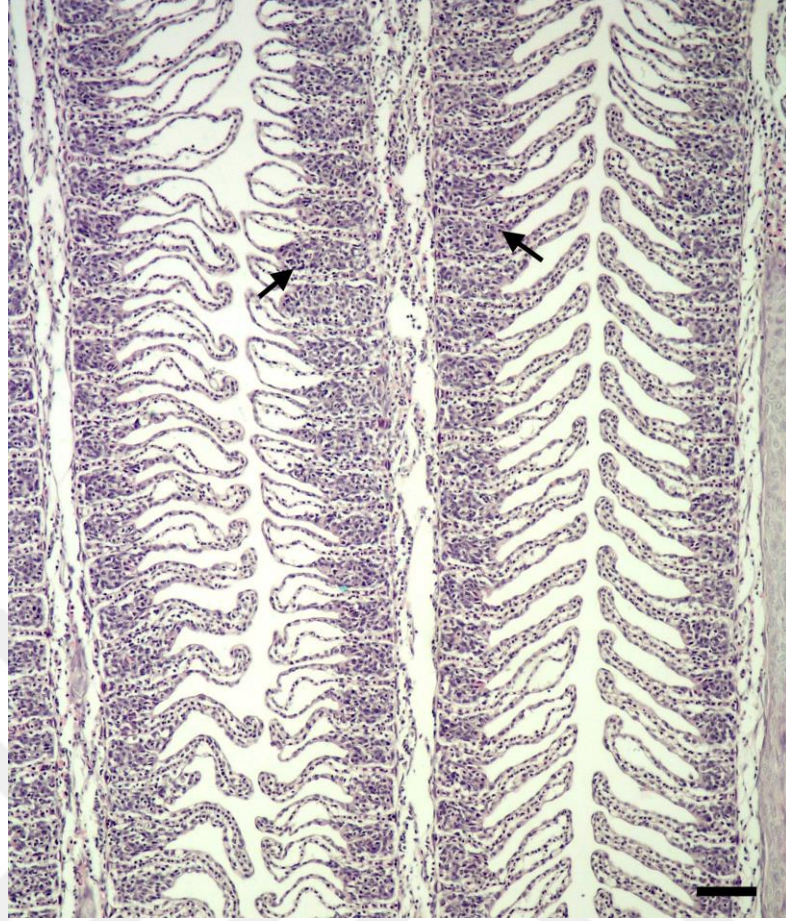
Olgu No	Solungaç									Deri				Kas			Karaciğer						Hava Kesesi			Kalp				
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanama	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu
1	++	+	-	+	++	+	++	-	-	-	-	+	+	-	-	-	++	++	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	+	+	-	-	+	-	++	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	++	++	-	-
3	+	++	-	++	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	++	++	++	+	-	-	-
4	++	++	-	++	++	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	+	-	+	-	++	-	-	-	++	-	-	+	-	-	+	++	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
6	+	++	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	+	-	-	+	++	++	++	-	+	++	++
7	++	++	+	++	++	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
8	+	-	-	-	+	-	++	-	-	-	++	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	++	-	+	+	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	++	+	+	-	-	-	++	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 14. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup IV).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak								
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde deejenerasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Bez eptellerinde deejenerasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	
1	+++	++	++	+++	++	+	+	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+
2	++	+++	+	-	++	+	-	•	•	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	+
3	++	+++	++	+	+	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	++	++	++	+	++	+++	-	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•
5	++	+++	++	+	+	-	-	•	•	•	•	•	+	+	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	+	+	+	+	+	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	+
7	++	+++	++	+	+	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	++	+++	++	-	++	+	-	•	•	•	•	•	+	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•
9	-	++	++	++	-	+	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+
10	-	++	-	-	+	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli



Resim 7. Solungaç. Sekunder lamellerde hiperplazi (oklar).

HE., Bar: 100 μ m, olgu no, 8, Grup IV.

Çalışmada sodyum hipokloridin yüksek dozda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII’de tüm balıkların doku ve organlarında şekillenen mikroskopik lezyonlar benzer özellikteydi. Bu lezyonların yaygınlığı ve şiddeti ise sodyum hipokloridin uygulama dozuna bağlı artış gösterdi. Her üç grupta da en belirgin mikroskopik bulgular solungaçlarda ve deride şekillendi.

Solungaçlarda ödem, hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar tüm olgularda en yaygın görülen bulgulardandı (Resim 8). Ödem sonucu sekunder lamel epitellerinde ayrılmalara oldukça belirgindi. Damarların tamamı hiperemik olmakla birlikte kanamalar özellikle primer lameller arasında bulunmaktaydı. Sekunder lamel epitellerinde dejenerasyon ve nekrozlar gözlenen diğer mikroskopik bulgulardandı. Nekrozların şekillenmediği olgularda sekunder lamel epitelleri genellikle piknotik görünümlü idi. Her üç

grupta da sekonder lamellerde değişen büyüklüklerde ve içlerinde mikrotrombüs bulunan telangiektaziler birçok balıkta dikkati çekti (Resim 9).

Deride her üç grupta gözlenen en belirgin mikroskobik bulgu ödem ve dejenerasyonlardı (Resim 10). Olguların tamamında epidermisde değişen derecelerde ödem görüldü. Birçok olguda dejenerasyon sonucu epidermisde bulunan hücrelerin bütünlüğü bozulmuştu. Epidermisde epitellerde yer yer dökülmeler görüldü. Kaslarda intersitisyum özellikle epidermise yakın alanlarda ödemliydi. Küçük fokal kanamalar gözlendi.

Karaciğerde ödem, hiperemi ve kanamadan oluşan vasküler lezyonlar en yaygın görülen mikroskobik bulgular idi. Dejenerasyon ve bazı balıkların sitoplazmalarında keskin kenarlı yağ vakuollerinin bulunması gözlenen diğer mikroskobik bulgulardandı. Grup VII'de olmak vena sentralisler genişlemiş ve lümenleri eritrositler ile doluydu. Ödem ve dejenerasyonların şiddetli olduğu olgularda adenoid yapılarının bazılarının yapısı bozulmuştu. Kanamalar küçük alanlar şeklinde olup, genellikle Glisson kapsülüne yakın alanlardaydı. Dejeneratif hepatositler şişkin ve granüler görünümdeydi.

Üç grupta da bulunan bazı balıklarda hava kesesinde damarlar hiperemik, seroza ise ödemliydi. Küçük fokal alanlar şeklinde gözlenen kanamalar olguların tamamında düzensiz bir yerleşim göstermekteydi.

Kalpde perikardiyal damarlar genişlemiş ve eritrositler ile doluydu. Her üç grupta epikard yüzeyinde geniş eritrosit birikimleri görüldü. Eritrosit birikimlerine bazı balıkların kalbin spongiyöz tabakasındaki kas demetleri arasında da dikkati çekti. Bazı balıklarda endomizyumlarda ayrılmalar oldukça belirgindi.

Makroskobik bir bulgunun görülmediği böbreklerin mikroskobik incelemesinde gözlenen bulgular en yaygın ve şiddetli olarak Grup VII'de bulunan balıklarda saptandı. Grup V ve Grup VI'da ise mikroskobik bulguların şiddeti ve yaygınlığı azalan bir özellik göstermekteydi. Damarlar birçok olguda genişlemiş ve lümenleri eritrositler ile doluydu. Geniş alanlar şeklinde yerleşim gösteren kanamalar birçok olguda mevcuttu (Resim 11). Tubulus epitellerinde dejenerasyonlar ile intrasitoplazmik eozinofilik hiyalin damlacıkları böbrekte gözlenen diğer mikroskobik bulgulardandı. Dejenerasyonların şiddetli olduğu olguların bazılarının tubulus bazal membranlarında ayrılmalar dikkati çekti.

Çalışmada sodyum hipokloritin yüksek dozda verildiği mide, pilorik keseler ve bağırsaklarda dikkati çeken herhangi bir mikroskobik bulguya rastlanılmadı.

Çizelge15. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup V).

Olgu No	Solungaç									Deri				Kas			Karaciğer						Hava Kesesi			Kalp					
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanma	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu	
1	+	++	++	+	++	++	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	++	++	+	++	-	-	-	+	++	++	++	++	++	++	-
2	+++	+++	++	++	+++	+++	-	-	-	-	++	-	+	+	+	++	++	++	++	++	-	-	-	+	+	-	++	++	++	++	-
3	++	++	+	+	++	+	-	-	-	-	+	++	++	-	-	-	++	++	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
4	++	+++	++	+	++	++	-	-	-	+	++	++	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
5	+	++	+++	++	++	+++	-	-	-	++	++	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	++	-	+	-	-
6	+++	+++	++	++	+++	++	-	-	-	-	++	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	++	++	++	++	+	+	-	-	-	-	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
8	+++	+++	+++	++	+++	++	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
9	++	++	++	+	++	++	-	-	-	-	++	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
10	++	++	++	++	++	+	-	-	-	-	+	++	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 15. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup V).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak							
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde dejenereasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Bez epitellerinde dejenereasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde dejenereasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış
1	+	+++	++	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	++	++	+	-		++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	++	++	++	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
5	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	++	+	++	+	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	+	+	-	+	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	+	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	+	+	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 16. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup VI).

Olgu No	Solungaç									Deri				Kas			Karaciğer							Hava Kesesi			Kalp				
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanma	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu	
1	+++	+++	+++	++	+++	++	-	-	-	+	++	++	+	+	+	-	++	++	+	++	-	-	-	+	++	++	-	-	-	-	-
2	++	+++	++	++	++	++	-	-	-	-	++	-	++	+	+	-	+++	++	++	++	-	-	-	+	+	+	++	-	+	-	-
3	+++	+++	++	++	++	+++	-	-	-	++	++	++	+	-	-	++	++	++	++	++	-	-	-	+	-	+	++	++	++	-	-
4	++	++	++	++	+++	+++	-	-	-	-	++	++	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-
5	+++	+++	+++	++	++	+++	-	-	-	++	++	-	+	-	-	-	++	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	++	+++	+++	++	++	+++	-	-	-	-	+++	+	++	+	+	++	+	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
7	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	+	++	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	++	++	++	++	++	++	-	-	-	-	++	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
9	+++	+++	++	++	+++	+++	-	-	-	-	+++	+	++	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	++	-	-
10	++	++	++	++	++	++	-	-	-	+	++	+	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 16. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup VI).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak							
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde deejenerasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Bez eptellerinde deejenerasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış
1	++	++	++	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	+	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	++	++	++	+		++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+	++	++	++	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	+	++	-	+	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	++	++	++	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	++	++	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	+	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

Çizelge 17. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup VII).

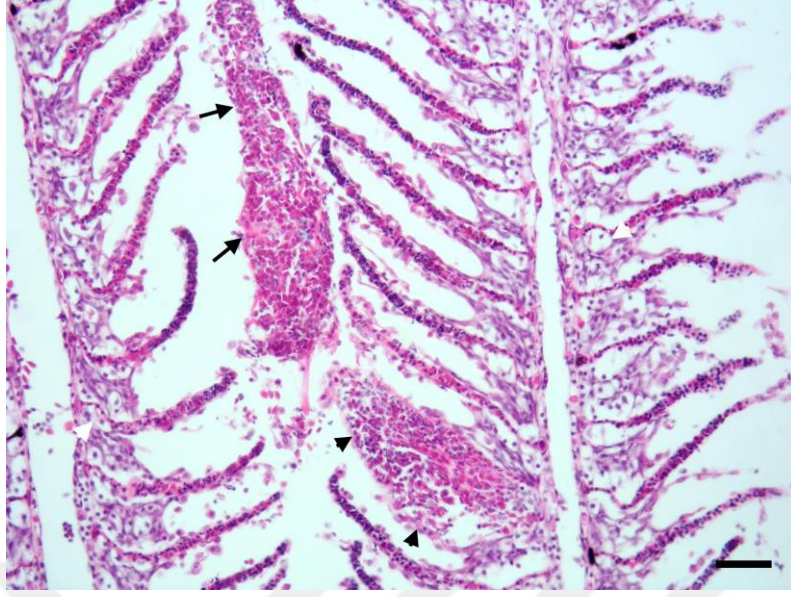
Olgu No	Solungaç									Deri				Kas			Karaciğer							Hava Kesesi			Kalp			
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitel nekrozu	Epitellerde dökülme	Telangiektazi	Hiperplazi	Mukus hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Hiperemi	Dejenerasyon	Nekroz	Mukus hücrelerinde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Ödem	Hiperemi	Kanama	Dejenerasyon	Nekroz	Yağlanma	Mononükleer hücre infiltrasyonu	Ödem	Hiperemi	Kanama	Hiperemi	Epikardial boşlukta kanma	Endomizyumlarda ayrılma	Endotelial makrofaj aktivasyonu
1	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	++	+++	++	++	+	+	-	+++	++	++	++	-	-	-	+	++	-	++	++	++	-
2	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	+	+++	+	++	+	++	++	+++	++	+	++	-	-	-	+	++	+	-	++	-	-
3	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-	++	++	++	-	-	++	+++	++	++	++	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-
4	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-	+++	++	++	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	++	++	+++	++	-
5	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	++	++	-	++	-	-	++	+++	++	++	++	-	-	-	+	-	++	++	++	++	-
6	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-	+++	+	+++	++	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	++	-	+	-	-
7	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	++	++	-	-	-	-	-	+	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-	+++	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-
9	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	+	+++	++	+	+	+	++	+	++	-	+	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-
10	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-	++	-	++	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-

(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli

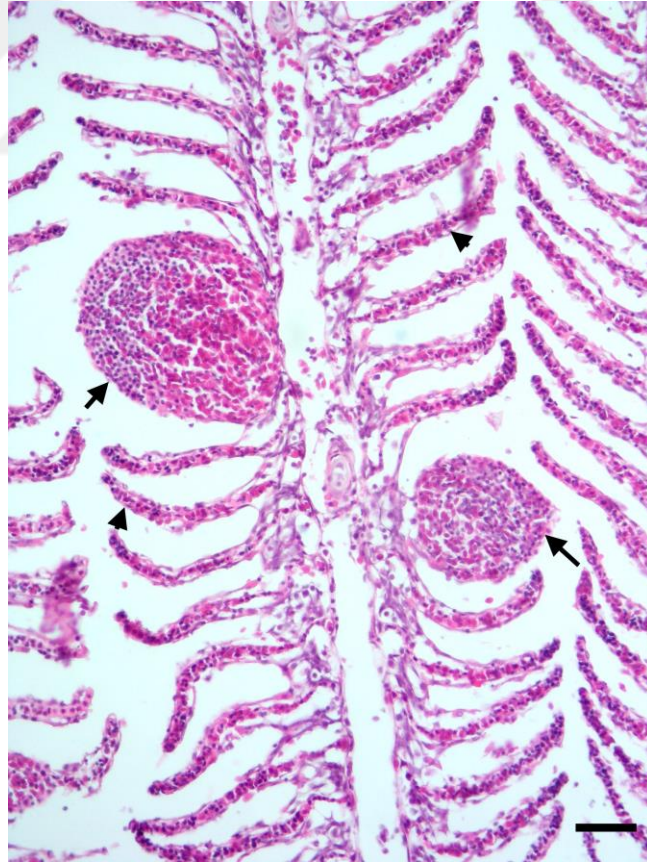
Çizelge 17. Devam. Sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında mikroskopik bulguların dağılımı (Grup VII).

Olgu No	Böbrek							Mide							Pilorik Keseler							Bağırsak							
	Ödem	Hiperemi	Kanama	Tubulus bazal membranlarında ayrılma	Tubulus eptellerinde deejenerasyon	Tuubulus eptellerinde hiyalin damlacıkları	Melanomakrofaj merkezlerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Bez eptellerinde deejenerasyon	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Epitellerde nekroz	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış	Ödem	Hiperemi	Kanama	Epitellerde deejenerasyon	Epitellerde dökülme	Goblet hücrelerinde artış	Eozinofilik granüler hücrelerde artış
1	++	+++	+++	++	++	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	++	++	++	++		++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	++	+++	+++	++	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	+	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	++	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	++	+++	+++	-	++	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	++	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	+	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	++	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

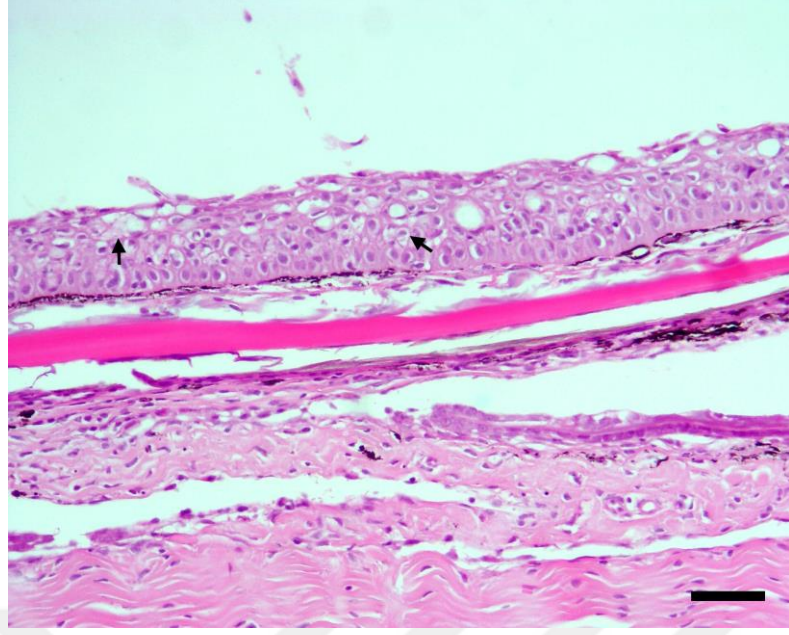
(-) Bulgu yok, (+) hafif, (++) orta, (+++) şiddetli



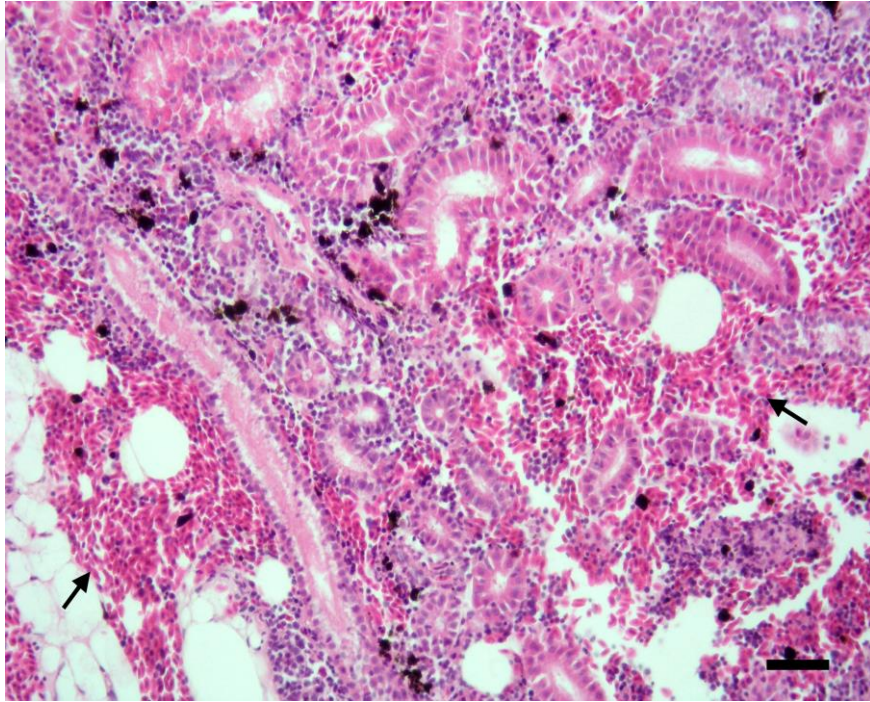
Resim 8. A. Solungaç, primer ve sekunder lamellerde hiperemi, kanama (oklar) ve telangiektazi (okbaşları). HE., Bar: 50 μ m, Grup VII, olgu no, 3.



Resim 9. A. Solungaç, sekunder lamellerde hiperemi, (okbaşları) ve telangiektazi (ok). HE., Bar: 50 μ m, olgu no, 4, Grup VI.



Resim 10. Deri, epidermisde yaygın dejenerasyonlar (oklar) HE., Bar: 100 μ m, olgu no; 6, Grup V.



Resim 11. Böbrek, damarlarda hiperemi ve intersitisyumda kanama (oklar) HE., Bar: 50 μ m, olgu no; 1, Grup VII.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada gökkuşığı alabalıklarında farklı dozlarda verilen sodyum hipokloritin klinik, makroskobik ve mikroskobik bulguları karşılaştırmalı incelendi ve doku ve organlarda saptanan klinik-patolojik bulgular kapsamlı bir şekilde karşılaştırmalı olarak değerlendirildi. Türkiye’de özellikle Ege Bölgesi’nde gökkuşığı alabalığı çiftliklerinin bulunması ve buna bağlı olarak yoğun bir şekilde yetiştiriciliğinin yapılması nedeni (TÜİK, 2016) ile çalışmada gökkuşığı alabalığının kullanılması tercih edildi.

Dezenfektan olarak kullanılan sodyum hipoklorit dünya genelinde balık yetiştiriciliğinde, atık suların dezefeksiyonunda ve hijyenik nedenlerle nehir suları, göller gibi tatlı su ortamlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Torgersen ve Hastein, 1995; Khomvilai ve ark, 2006; Anasco ve ark, 2008; Pitanga 2011). Sodyum hipokloritin, balık işletmelerinin kuluçkahanelerinde, havuzlarında, makine ve ekipmanlarının hijyen ve sanitasyonunda kullanılmasının asıl sebebi patojen mikroorganizmaların sodyum hipoklorite karşı dirençli olmaması eser miktarda kalıcılığı olmasıdır (Torgersen ve Hastein, 1995; Khomvilai ve ark, 2005, 2006; İslam ve ark, 2007). İnsanlarda sodyum hipoklorit toksikasyonu dünyada birçok araştırmacı tarafından tanımlanmış olmasına karşın sucul canlılar üzerine etkisi üzerine sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmıştır (Torgersen ve Hastein, 1995; Pitanga 2011; Jahanbakhshi ve ark, 2012; Hagen ve ark, 2014). Ulaşılabilen literatürler doğrultusunda sodyum hipoklorit ile ilgili gökkuşığı alabalıklarında yapılan patolojik çalışmaların yeterince bulunmaması nedeni ile çalışmada sodyum hipoklorit kullanılması tercih edildi.

Farklı balık türlerinde yapılan deneysel sodyum hipoklorit çalışmalarında farklı doz uygulamalarında mortalite oranlarının doza bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir (Torgersen ve Hastein, 1995; Anasco ve ark, 2008; Jahanbakhshi ve ark, 2012). Yapılan çalışmada ise sodyum hipokloritin 2 µl/l ve 5 µl/l dozlarda verildiği Grup I ve Grup II’de bulunan balıklarda ölüm şekillenmedi. Sodyum hipokloritin 10 µl/l dozda verildiği Grup III’de mortalite oranı % 30 olarak, sodyum hipokloritin 20 µl/l dozda verildiği Grup IV ise mortalite oranı % 70 olarak saptandı. Çalışmada sodyum hipokloritin yüksek dozlarda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII’de ise mortalite oranı % 100 olarak gerçekleşti. Çalışmada sodyum hipokloritin doz miktarına bağlı olarak hem mortalite oranının artış göstermesi hem de ölüm süresinin kısa olması sodyum hipokloritin çalışmada belirtilen büyüklüklerdeki gökkuşığı alabalıklarında doz kullanımının çok önemli olabileceğini

düşündürdü. Ayrıca yapılan literatür incelemelerinde gökkuşağı alabalıklarında kapsamlı bir doz çalışmasının bulunmaması nedeniyle elde edilen mortalite oranları ile ölüm sürelerinin bu alanda yapılacak çalışmalar için önemli olabileceğini düşündürdü.

Günümüzde sanayi ve teknoloji mevcut üretim faaliyetleri, nüfus artışı, nüfus hareketleri, düzensiz şehirleşme doğal alanları tahribi gibi birçok faktörler sonucunda hem tatlı su hem de tuzlu su ortamları hızlı bir şekilde kirlenmektedirler (Austin, 1999; Taylan ve Özkoç, 2007). Balık yetiştiriciliğinde her balık türünün ihtiyaç duyduğu su kalite kriterleri ile bu kriterlere karşı tolerans değerleri önemli farklılıklar göstermekle birlikte özellikle su kalitesinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler, su içerisinde yaşayan canlıların hemostazisinde geri dönüşümsüz problemler oluşturarak hem enfeksiyöz hem de nonenfeksiyöz hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Fowler 1987; Austin 1999; Toranzo 2005; Birincioglu ve ark, 2013). Bu bağlamda su kalitesini etkileyen sıcaklık, çözünmüş oksijen miktarı, pH ve su sıcaklığı oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (Svobodova ve ark, 1993; Siangas ve ark, 2012; Hagen ve ark, 2014). Çalışmada kullanılan suyun sertlik derecesi, pH'ı ve su sıcaklığı değerleri literatürler ile uyumluluk göstermekte idi (Svobodova ve ark, 1993). Su sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda birçok kimyasal maddenin etkisinin daha toksik etki göstermesine rağmen (Austin, 1999; Roberts, 2012), çalışmada su sıcaklığının düşük olmasına rağmen bile yüksek dozların kullanıldığı gruplarda mortalite oranının % 100 olarak şekillendi. Bu durum bize sodyum hipokloritin balıklarda kullanımı sırasında doz uygulamasının iyi yapılması gerektiği sonucuna varıldı.

Çalışmada Grup I ve Grup II'de bulunan balıklarda dikkati çeken bir klinik bulguya rastlanılmadı. Grup III'de operkulumlarını sık sık açıp kapatmalar, düzensiz yüzme hareketleri ve yem tüketiminde azalmalar görüldü. Çalışmada Grup IV'de bulunan balıklarda yukarıda tanımlanan benzer klinik bulgular görülmekle birlikte bu bulguların daha belirgin olarak gözlemlendi. Sodyum hipokloritin yüksek dozlarda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII'de tanımlanan klinik bulgular ise balıklarda en yaygın ve en şiddetli olarak tanımlandı. Çalışmada gözlenen klinik bulguların doza bağlı olarak artan bir şiddette görülmesi, sodyum hipokloritin yüksek dozlarının gökkuşağı alabalıklarında oldukça toksik etkili olabileceğini düşündürdü (Reed and Evans, 1981; Martin ve ark, 1993). Ayrıca Powel ve Perry (1996) sodyum hipoklorit verilen erişkin gökkuşağı alabalıklarına arteriyel karbondioksit miktarının yükseldiğini, arteriyel oksijen ve pH miktarının ise azaldığını saptamışlardır. Bu sonuçların ise balıklarda ventilasyon sıklığında önemli artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada da balıklarda gözlenen operkulumların sık sık açıp kapatmaları ve ölüme yakın dönemde yüzeye yakın olarak bulunmaları bu durumla ilgili olabileceği sonucuna varıldı.

Çalışmada makroskobik bulguların dağılımı ve görüldüğü balık sayıları açısından gruplar arasında belirgin farklılıklar görüldü. Sodyum hipokloritin yüksek dozda verildiği gruplarda lezyonların tamamının ödem, hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlardan oluşmuştu. Bu durum çalışmada kullanılan yüksek dozun gökkuşağı alabalıkları için oldukça toksik etkili olduğu görüldü. Bu durum diğer balık türlerinde yapılan sodyum hipoklorit çalışmalarına benzerlik göstermekte idi (Svobodova ve ark, 1993; Pitanga, 2011). Ayrıca bu gruplarda gözlenen makroskobik bulguların doğal olaylarda sodyum hipoklorit ile oluşabilecek toksikasyonların ortaya konulmasında etkili olabileceği düşündürdü. Sodyum hipokloritin düşük dozda verildiği gruplarda ise bu gruplara ilişkin spesifik olarak tanımlayabileceğimiz makroskobik bulgulara rastlanılmadı. Ayrıca sodyum hipokloritin en düşük dozda uygulandığı Grup I’de makroskobik bulguların kontrol grubundaki balıklara göre herhangi bir farklılığın görülmemesi de kullanılan bu dozun özellikle gökkuşağı alabalıklarında çeşitli amaçlar için kullanılabilecek doz olabileceğini düşündürdü.

Balıklarda solungaçlar içinde yaşadıkları ortam gereği su kalitesinde meydana gelebilecek birçok fiziksel ve kimyasal değişiklikte enfeksiyöz ve non enfeksiyöz etkenlerden kolaylıkla etkilenen organların başında gelmektedir (Austin, 1999; Roberts, 2012, Birincioglu ve ark, 2013). Çalışmada, sodyum hipokloritin verildiği tüm gruplarda patolojik bulguların şekillendiği organ solungaçlardı. Sodyum hipokloritin düşük dozda verildiği gruplarda solungaç lezyonlarının başında hiperplaziler gelmekteydi. Yapılan literatür incelemelerinde sodyum hipokloritin solungaç lamellerinde hiperplaziler oluşturduğu ile ilgili herhangi bir bilgiye rastlanılmamıştır. Ancak balık yetiştiriciliğinde suda bulunan birçok fiziksel ya da kimyasal faktörün etkisi ile solungaçlarda hiperplazilerin oluştuğu bildirilmiştir (Van Heerden ve ark, 2004; Roberts 2012). Çalışmada özellikle herhangi bir ölümün görülmediği ve sodyum hipokloritin en düşük dozda verildiği Grup I’de bile hiperplaziler şekillenmiş olması nedeni ile bu kimyasal maddenin gökkuşağı alabalıklarda kullanımında doz miktarı yanında kullanım süresinde dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varıldı.

Çalışmada, sodyum hipokloritin yüksek dozlarda verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII’de solungaç lezyonlarının tamamı ödem, hiperemi, telangiektazi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlardan oluşmuştu. Sodyum hipoklorit ile yapılan çalışmalarda etki mekanizması tam olarak belirlenmemiş olmamasına rağmen balıklar dahil olmak üzere birçok sucul organizma üzerine toksik etkisinin olduğu bildirilmiştir (Pitanga, 2011; Jahanbakhshi ve ark, 2012; Hagen ve ark, 2014). Sodyum hipokloritin yüksek doz uygulamasına bağlı olarak oluşan bulguların tamamının vasküler lezyonlar şeklinde olması, bu kimyasalın damarlar üzerine olan etkisi ile ilişkilendirildi ve ölümlerin primer sebebi olarak düşünüldü.

Deri, çalışmada solungaçlardan sonra balık sayısı bakımından en çok etkilenen organ idi. Uygulama dozuna bağlı olarak deri lezyonları, sodyum hipokloritin uygulama dozuna bağlı olarak dejenrasyonlardan nekrozlara kadar varan ve yangısal reaksiyonların şekillenmediği patolojik bulgular şeklinde idi. Özellikle belirtilen bulguların sodyum hipokloritin en yüksek dozda verildiği Grup VII'de daha yaygın ve şiddette görülmüş olması bu lezyonların sodyum hipokloritin kimyasal etkisi ile ilgili olabileceği düşünüldü. Ayrıca çalışmada gözlenen deri lezyonları, sanayiden, hastanelere, evlerden balık çiftliklerine kadar birçok alanda geniş bir kullanım alanına sahip sodyum hipoklorit (Khomvilai ve ark, 2005; Pitanga, 2011; Hagen ve ark, 2014) ile meydana gelebilecek kimyasal dermatitis olgularının tanımlanmasında yardımcı olabileceğini düşündürdü. Yapılan literatür incelemelerde de sodyum hipokloritin deride şekillendirdiği bulgular ile ilgili olarak herhangi bir verinin bildirilmemiş olmaması da çalışma açısından ayrı bir önem taşıdığı düşünülmektedir. Ayrıca sularda meydana gelebilecek kimyasal kirlenmelerde, maruz kalma süresi ve kimyasalın dozuna bağlı olarak derinin de yaygın olarak etkilendiği düşünüldüğünde (Iger ve Bongan, 1994; Erer, 2002; Roberts, 2012; Zimmer ve ark, 2014) bu tür durumlarda sodyum hipokloridin de etiyolojik faktör olarak düşünülmesi gerektiği sonucuna varıldı.

Çalışmada böbrekte, makroskobik olarak herhangi bir lezyon görülmemesine karşın mikroskobik incelemelerde, sodyum hipokloritin yüksek dozda verildiği gruplarda gözlenen ödem, hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar ile ilgili herhangi bir literatür bilgiye ulaşılamadı. Böbreklerde doza bağlı artan şiddette şekillenen bu mikroskobik bulgular, sodyum hipoklorit ile şekillenebilecek doğal olgularda böbreklere ait spesifik mikroskobik bulgu ya da bulgular olabileceği düşünüldü.

Melanomakrofaj merkezlerin balıklarda birçok fizyolojik ve patolojik olaylarda etkin rol oynadıkları bildirilmiştir (Ellis, 1980; Agius ve Roberts, 2003; Öztürk, 2014). Bazı araştırmacılar tarafından su içinde bulunan toksik kimyasalların, özellikle ağır metallerin etkisi ile böbreklerde bu merkezlerde belirgin artışların şekillendiğini bildirmişlerdir (Kranz ve Gercken, 1987; Pulsford ve ark, 1992). Çalışmada ise sodyum hipokloritin böbrekte spesifik olarak tanımlayabileceğimiz mikroskobik düzeyde dikkati çeken bulgular oluşturmalarına rağmen melanomakrofaj merkezlerde araştırmacıların belirttiği şekilde bir artışa rastlanmadı.

Sunulan bu çalışmada, hem dezenfektan amaçlı kullanılan hem de endüstride geniş bir kullanım alanına sahip sodyum hipoklorit farklı konsantrasyonlarda gökkuşağı alabalıklarına verilerek deneysel olarak çalışılmış, bu deneysel araştırma sonucunda elde edilen klinik,

makroskopik ve mikroskopik bulgular incelenmiş ve saptanan bulgular kapsamlı bir şekilde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sunulan bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda sodyum hipoklorit verilen gökkuşağı alabalıklarında klinik, makroskobik ve mikroskobik bulgular incelenmiş ve saptanan klinik ve patolojik bulgular kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Çalışmada sodyum hipokloritin 2 µl/l, 5 µl/l ve 10 µl/l verildiği Grup I, Grup II ve Grup III'de mortalite oranları oldukça düşük idi. Bu gruplardaki balıklardaki gözlenen patolojik bulgular ise genellikle hücresel bir özellik göstermekteydi. Sodyum hipokloritin 20 µl/l olarak verildiği grupta mortalite oranında artış ile birlikte patolojik bulgular, hem hücresel hem de ödem, hiperemi ve kanamalardan oluşan vasküler lezyonlar şeklinde idi. Sodyum hipokloritin sırası 40 µl/l, 80 µl/l ve 100 µl/l verildiği Grup V, Grup VI ve Grup VII'de balıkların tamamında ölümler görüldü. Bu gruplardaki balıklarda gözlenen patolojik bulguların ise yalnızca vasküler lezyonlardan oluşmuştu.

Çalışmada elde edilen bulgular ışığında Grup IV, Grup V, Grup VI ve Grup VII'de uygulanan dozun gökkuşağı alabalıkları için toksik etki gösterdiği görülmüştür. Grup III'de ise çalışma süresinin uzun olması nedeni ile bu dozun da toksik bir değer olabileceği düşünüldü. Grup I ve Grup II'de ise hem mortalite oranının düşük olması hem de patolojik bulguların hafif seyirli olması nedeni ile bu iki dozun daha kısa süreli çalışmalarda güvenilir bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varıldı. Ayrıca sodyum hipokloritin yüksek dozda verildiği gruplardaki balıklarda en çok etkilenen doku ve organların başında solungaç ve deri gelmekte idi. Özellikle bu çalışmadan elde edilen solungaç ve deriye ait patolojik bulguların sodyum hipoklorit ile şekillenebilecek toksikasyonlarda tanıtıcı spesifik bulgu yada bulgular olarak kullanılabileceği kanısına varıldı. Bununla birlikte yapılan bu çalışma bu alanda yapılacak olan benzer çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acero JL, Haderlein SB, Schmidt TC, Suter M, Von Guten U.** MTBE oxidation by conventional ozonation and the combination ozone/hydrogen peroxide: Efficiency of the process and bromate formation, *Environmental Science & Technology*, 2001, 35, s 4252-4259.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, (ATSDR).** Calcium Hypochlorite (CaCl_2O_2)/Sodium Hypochlorite (NaOCl), in *Medical Management Guidelines (MMG)2002*, US department of Health and Human Services: Atlanta, US.
- Agius C, Roberts RJ.** Melano-macrophage Centres and Their Role in Fish Pathology. *Journal of Fish Diseases*, 2003, 26, 499–509.
- Aieta EM, Berg JG.** "A Review of Chlorine Dioxide in Drinking Water Treatment," *Journal AWWA*, 1986, 77(6), 64.
- Aieta EM, Berg JD.** A review of chlorine dioxide in drinking water treatment. *Journal American Water Works Association*, 1986, 78 (6), s 62 – 72 .
- Aieta EM, Roberts PV.** Disinfection with chlorine and chlorine dioxide. *Journal of Environmental Engineering, American Society of Civil Engineers*, 1983, 109 (4), s 783 – 799.
- Aiken GR, McKnight DM, Wershaw RL, MacCarthy P.** “ An introduction to humic substances in soil, sediment, and water, In: humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, Isolation, and Characterization,” John Wiley & Sons, New York, NY, 1985, s 1-9.
- Aiken G, Cotsaris E.** “ Soil and hydrology: their effect on NOM, ” *J.Of AWWA*, 1995, 87, 1, s 36-45.
- Akçay MU.** Ozon ve Biyofiltrasyonla Doğal Organik Madde Giderimi ve Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Oluşum Potansiyellerinin Belirlenmesi, *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Kasım, 2008, s 117.
- Alpbaz AG.** *Pratik Alabalık Yetiştiriciliği*, Ege Üniversitesi basımevi, İzmir, 1995.
- Alpbaz AG, Hoşsucu H.** *İçsu Balıkları Yetiştiriciliği (Yılan, Yayın, Turna, Sudak, Koregon, Tilapia)*. 2. Baskı. İzmir: Ege Üniversitesi SÜYO Yayınları, 1996, s 5-12.

Alpbaz AG. Deniz Balıkları Yetiştiriciliği. 3.baskı. İzmir: Ege Üniversitesi SÜYO Yayınları, 2001, s 6-9.

Alpbaz AG. Su Ürünleri Yetiştiriciliği. İzmir: Rotifer Su Ürünleri Basımevi, 2005, s 23-24.

American Water Works Association, AWWA. Standard for Hypochlorites . Denver, CO, American Water Works Association , January 1992 .

American Water Works Association, AWWA. Hypochlorite, An Assessment of the Factors That Influence the Formation of Perchlorates and Other Contaminants, Denver, CO, July, 2009 .

Amy GL. “ Using NOM characterization for evaluation of treatment, ” presented at the NOM workshop, sponsored by Lynnaise des Eaux-Dumez and AWWA Research Foundation, Chamonix, France, 1993.

Anasco NC, Koyama J, Imai S, Nakamura K. Toxicity of residual chlorines from hypochlorite-treated seawater to marine amphipod *Hyale barbicornis* and estuarine fish *Oryzias javanius*, Water Air Soil Pollut, 2008, 195, s 129-136.

Arda M, Seçer S, SarıeYYüpoğlu M. Balık Hastalıkları, Medisan Yayın Serisi, Ankara, 2002.

Arthur JW, Andrew RW, Mattson VR, Olson DT, Glass GE, Halligan BJ, Walbridge CT. Comparative Toxicity of Sewage Effluent Disinfection to Freshwater Aquatic Life. Research Laboratory, Duluth, MN . EPA Report 600/3 - 75 - 012 (November 1975).

Austin B. The effect of pollution on fish health, Journal of Applied Microbiology, 1999, 85, 234-242.

Babl FE, Kharsch S, Woolf A. Airway edema following household bleach ingestion. Am. J. Emerg. Med., 1998, 16, s 514-516.

Bailey PS. Reactivity of Ozone with Various Organic Functional Groups Important to Water Purification . First International Symposium on Ozone for Water and Wastewater Treatment, Proc. International Ozone Institute , Waterbury, CT : December 2 – 5, 1973, s 101 – 119 .

Baker RA. Threshold odors of organic chemicals, Journal American Water Works Association, 1963, 55, 913.

Başaran A. Kimyasal Arıtım, ODTÜ Ders Notları, Ankara, 1983, 5, s 1-3.

Baus C, Sona M, Brauch H. Ozonation and combined ozone, H₂O₂, UV/ Ozone, and UV/H₂O₂ for treatment of fuel oxygenates MTBE, ETBE, TAME, and DIPE from water a comparison of removal efficiencies, Water Science & Technology, 2007, 55, (12), 307 – 311 .

- Berg JD, Aieta EM, Roberts PV.** Effectiveness of chlorine dioxide as a wastewater disinfectant, National Symposium on Wastewater Disinfection, September 18 – 20, 1978, Cincinnati, OH, Cincinnati, OH: USEPA, Office of Research and Development 600, 9 - 79 - 018 .
- Bernarde MA, Snow WB, Olivieri VP, Davidson B.** Kinetics and mechanism of bacterial disinfection by chlorine dioxide, *Applied Microbiology*, 1967, 15, 2 , 257 – 265 .
- Birincioglu SS, Aydoğan A, Avci H.** Investigations of Winter-like Disease in Cultured Sea breams (*Sparus aurata*), *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2013, 19, s 343-346.
- Bitton G.** Wastewater Microbiology, Department of Environmental Engineering Sciences University of Florida, Gainesville, Wiley-Liss, Inc., USA, 1994, s 113-134.
- Bourgeois K, Salveson A, Narayanan B.** Pesky particles, *Water Environment & Technology* February, 2005, s 35 – 40 .
- Buffle MO, Galli S, VonGunten U.** Enhanced bromate control during ozonation: The chlorine ammonia process . *Environmental Science and Technology*, 2004, 38, 5187 – 5195 .
- Buffle MO, Galli S, VonGunten U.** Enhanced bromate control during ozonation: Pre - oxidation with ClO_2 . PhD Thesis, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, Switzerland, 2005, s 141 – 160 .
- Buschini A.** Sodium Hypochlorite, chlorine dioxide and peracetic acid-induced genotoxicity detected by the Comet assay and *Saccharomyces cerevisiae* D7 tests. *Mutagen*, 2004, 19(2), s 157-162.
- California State Board of Health, CSBH .** Report of a Pollution Survey of Santa Monica Bay Beaches in 1942 . (June 26, 1943).
- Chauret C, Behmel U, Baribeau H.** Inactivation of microorganisms by chlorine dioxide . In *State of the Science of Chlorine Dioxide in Drinking Water* (eds. D.J. Gates , G. Ziglio. and K. Ozekin). Denver, CO : AWWA Research Foundation and AMGA , 2009 : pp. 159 – 181 .
- Chlorine Institute .** Sodium Hypochlorite Safety and Handling , Pamphlet No 96, Edition 3. Washington, DC: Chlorine Institute , April 2006 .
- Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD.** (eds). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC, 1998.
- Cognet L, Courtois Y, Mallevialle J.** “Mutagenic activity of disinfection by-products”, *Environmental Health Perspectives*, 1986, 69, s 165-175.
- Craun GF, McCabe LJ.** Review of the causes of waterborne - disease outbreaks. *Journal American Water Works Association*, 1973, 65, 74 – 84 .

- Cremieux A, Fleurette J.** Methods of testing disinfectants In Disinfection, Sterilization and Preservation, 3rd edn Ed S S Block, Philadelphia, Lea and Febiger, 1983.
- Çaklı Ş.** Su ürünleri İşleme Teknolojisi 2 (Alternatif Su Ürünleri İşleme Teknolojileri) Ege Üniversitesi Basımevi Bornova, 2, İzmir, Aralık, 2013.
- De Leer EWB, Sinninghe DJS, Erkelens C, De Galan L.** “Identification of intermediates leading to chloroform and C4 diacids in the chlorination of humic Acid”, Environmental Science and Technology, 1985, 19, 512-522.
- Duguet JP, Anselme C, Mazounie P, Mallevialle J.** Application of combined ozone - hydrogen peroxide for the removal of aromatic compounds from a groundwater, Ozone: Science and Engineering, 1989, 12 (3), 281 – 294 .
- Dyachov AV.** Recent advances in water disinfection . Annual Conference of International Water Pollution Research , September, 1976, Amsterdam, The Netherlands, s 61 – 68 .
- Egemen Ö.** Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Kitaplar Serisi No, 14, 2005, s 12-111.
- Einhorn A.** Serious respiratory consequences of detergent ingestions in children, Pediatrics, 1989, 84(3), s 472-4.
- Ellis AE.** Antigen-trapping in the Spleen and Kidney of the Plaice, *Pleuronectes platessa* (L.), Journal of Fish Diseases, 1980, 3, s 413–426.
- Erer H.** Balık Hastalıkları, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı, 2002, s 41-109.
- Eroğlu V.** Su Tasfiyesi, Çevre ve Orman Bakanlığı yayın no, 359, Ankara, 2008, 5, 8, s 207-214.
- Fowler BA.** Intracellular Compartmentation of Metals in Aquatic Organisms, Roles in Mechanisms of Cell Injury by Environmental Health Perspectives, 1987, 71, s 121-128.
- Gaffney JS, Marley NA, Clark SB.** “ Humic and fulvic acids and organic colloidal materials in the environment, In: Humic and Fulvic Acids: Isolation, Structure, and Environmental Role ” , (Ed: Gaffney JS, Marley NA and Clark SB.), ACS Symposium Series 651, American Chemical Society, Washington, DC, 1996, s 2-16.
- Gagnon GA, O ’ Leary KC, Volk CJ, Chauret C, Stover L, Andrews RC.** Comparative analysis of chlorine dioxide, free chlorine, and chloramines on bacterial water quality in model distribution systems . Journal of Environmental Engineering ASCE, 2004, 130 (11), 1269 – 1279 .

Garrison RL, Mauk CE, Prengle HWJ. Advanced ozone system for complexed cyanides . In Proceedings of the First International Symposium on Ozone for Water and Wastewater Treatment (ed. R.G. Rice , M.E. Browning). Norwalk, CT : International Ozone Association, 1975, s 551 – 557 .

Gates D. The Chlorine Dioxide Handbook, Denver, CO : American Water Works Association, 1998 .

Gates D, Pitocelli A, Rothe M, Simpson G. Generation technologies and chemical safety . In State of the Science of Chlorine Dioxide in Drinking Water (eds. D.J. Gates , G. Ziglio and K. Ozekin). Denver, CO : AWWA Research Foundation and AMGA, 2009, s 51 – 119 .

Geldiay R, Balık S. Türkiyede Tatlısu Balıkları, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İzmir, 3, Baskı, 1999.

Glaze WH, Kang JW, Chapin DH. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide, and ultraviolet radiation . Ozone Science & Engineering, 1987, 9, 335 – 352 .

Glaze WH, Koga M, Cancilla D. “ Ozonation by-products 2: improvement of an aqueous phase derivatization method for the detection of formaldehyde and other carbonyl compounds formed by the ozonation of drinking water," Environ. Sci. & Technol, 1989, 23, 7, 838.

Gordon G, Bubnis B. Bromate ion formation in water when chlorine dioxide is photolyzed in the presence of bromide ion . Proceedings of the American Water Works Association, Water Quality Technology Conference , November 12 – 16, 1995, New Orleans, LA. Denver, CO : AWWA, 1995, s 1985 – 1992 .

Gordon G, Adam L. Minimizing Chlorate Ion Formation in Drinking Water When Hypochlorite Ion is the Chlorinating Agent . Denver, CO : AWWA, 1995 .

Gordon G, Kieffer RG, Rosenblatt DH. The chemistry of chlorine dioxide . In Progress in Inorganic Chemistry , Vol. XV (ed. S.J. Lippard). New York : John Wiley & Sons, 1972, s 202 – 286.

Haag WR, Hoigne J. Kinetics and Products of the Reactions of Ozone with Various Forms of Chlorine and Bromine in Water, Ozone Science & Engineering, 1984, 6 (2), 103 – 114.

Hagen AG, Hyttered S, Olstad K. Low concentrations of sodium hypochlorite affect population Dynamics in *Gyradactylus salaris* (Malmberg, 1957), practical guidelines for the treatment of the atlantic salmon, *Salmo salar* L. Parasite. Journal of Fish Disease, 2014, 37, s 10003-1011.

- Hanna JV, Johnson WD, Quezada RA, Wilson MA, Xiao-Qiao L.** “Characterization of aqueous humic substances before and after chlorination”, *Environmental Science and Technology*, 1991, 25(6), 1160-1164.
- Harrington GW, Bruchet A, Rybacki D, Singer PC.** “Characterization of natural organic matter and its reactivity with chlorine, In: *Water Disinfection and Natural Organic Matter: Characterization and Control*”, eds., R. A. Minear and G. L. Amy, Lewis Publishers, FL, 1996, s 138-158.
- Health and Safety Executive (HSE).** Safety Advice for Bulk Chlorine Installations, HS/G28, 1990, <http://www.hse.gov.uk> (accessed September 16, 2009).
- Heath AG.** *Toxicology, Water Pollution and Fish Physiology*. 2nd edition. Florida: Lewis publishers, 1995, s 16-21.
- Hoff JC, Akin EW.** Microbial resistance to disinfectants: Mechanisms and significance. *Environ. Health Perspect*, 1986, 69, 7-13.
- Hoigne J, Bader H.** Kinetics of reactions of chlorine dioxide (OCIO) in water I. Rate constants for inorganic and organic compounds. *Water Research*, 1994, 28 (1), 45 – 55 .
- Hoşsucu B, Korkut AY, Kop AF.** Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası), Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi, 50, 23, 6, Bornova, İzmir, 2008, s 237-245.
- Hua G, Reckhow DA.** Comparison of disinfection by - product formation from chlorine and alternative disinfectants, *Water Research*, 2007, 41 (8), 1667 .
- Huling SG, Jones PK, Lee TR.** Iron optimization for Fenton - driven oxidation of MTBE - spent granular activated carbon . *Environmental Science & Technology*, 2007, 41, 4090 – 4096 .
- Hung CH.** Advanced oxidation of methyl tert - butyl ether (MTBE) by UV/TiO₂ and H₂O₂ - UV/TiO₂ processes . *Water Science & Technology: Water Supply*, 2006, 6 (2), 77 – 85 .
- Iger Y, Bonga W.** Cellular Responses of the Skin of Carp (*Cyprinus carpio*) Exposed to Acidified Water, *Cell and Tissue Research*, 1994, 274, s 481-492.
- International Agency for the Research on Cancer (IARC).** Chlorinated drinking water; chlorination by-products; some other halogenated compounds; cobalt + cobalt compounds., 1991, IARC, Lyon.
- International Programme on Chemical Safety (IPCS).** Sodium hypochlorite, Poisons Information Monograph. PIM 495, 1997, WHO, Geneva.
- International Programme on Chemical Safety (IPCS).** Disinfectants and disinfectant by products, *Environmental Health Criteria* 216, 2000, WHO, Geneva.

International Ozone Association, (IOA). Ozone Data Base, Scottsdale, AZ : International Ozone Association, 2008 .

Islam MN, Faruk MAR, Inglis V. Disinfection of aquarium by chlorination and UV treatment. Bangladesh Journal of Fish Research, 2007, 1, s 01-08.

IOC of UNESCO. "Intergovernmental Oceanographic Commission", <http://www.iode.org> (20.08.2016).

Iwama GK, Farrell AP. Disorders of the cardiovascular and respiratory system. In Fish Diseases and Disorders III, ed. J.F. Leatherland & P.T.K. Woo, 1998, s 245–278.

İTATS, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği, T.C. Sağlık Bakanlığı, Resmi Gazete, No, 25730, Ankara, 2005.

Jahanbakhshi A, Hedayati A, Ramazi FG. Effect of hypochlorite sodium as an agent detergent on mortality response of fishes, International Journal of Anatomy and Physiology, 2012, 1, s 7-10.

Johnson JD, Christman RF, Norwood DL, Millington DS. “Reaction products of aquatic humic substances with chlorine”, Envir, Heath Perspectives, 1982, 46, 63-71.

Jolley RL. Chlorine containing organic constituents in chlorinated effluents . Journal — Water Pollution Control Federation, 1975, 47, 601 .

Kaczur JJ, Cawlf DW. Chlorous acid, chlorites, and chlorine dioxide (ClO_2 , HClO_2) . In Kirk - Othmer Encyclopedia of Chemical Technology , Vol. 5 . 4th ed . (eds. Kroschwitz , J.I. and Howe - Grant , M.), New York: Wiley , 1993, s 968 – 997 .

Kaya S, Pirinçci İ, Bilgili A. Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. Medisan Yayın Serisi: 53. 2002, s 264-272.

Khomvilai C, Karita S, Kashiwagi M, Yosioka M. Fungucidal effects of sodium hypochlorite solution on Saprolegnia isolated from eggs of chum salmon *Oncorhynchus keta*. Fisheries Science, 2005, 71, s 1188-1190.

Khomvilai C, Kashiwagi M, Sangrungruang C, Yoshioka M. Preventive efficacy of sodium hypochlorite against water mold infection on eggs chum salmon *Oncorhynchus keta*, Fisheries science, 2006, 72, s 28-32.

Kinman RN. Ozone in water disinfection, In Ozone in Water and Wastewater (ed. F.L. Evans), Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science, 1972, s 123 – 143.

Kitis M, Karanfil T, Kilduff JE, Wigton A. “ The reactivity of natural organic matter to disinfection byproducts formation and its relation to specific ultraviolet absorbance, ” Water Science and Technology, 2001, 43, s 9-16.

- Kobylinski EA, Shaw AR, Hunter GL.** Automated chlorine control, Proceedings of the WEF Specialty Conference, Disinfection 2005, Mesa, AZ: February 6 – 9, 2005, s 592 – 614 .
- Kocabaş A.** Oseanoloji Deniz Bilimlerine Giriş, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Kitaplar Serisi No, 60, 2012, s 1-44.
- Korich DG, Mead JR, Madore MS, Sinclair NA, Sterling CR.** Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability , ” Applied and Environmental Microbiology, 1990, 56 (5), s 1423 – 1428 .
- Korkut AY, Hoşsucu B, Kop AF.** Balık Besleme ve Yem Teknolojisi II (Laboratuvar Uygulamaları ve Yem Yapım Teknolojisi), Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi, 54, 23, Bornova, İzmir, 2004, s 89-90.
- Kranz H, Gercken J.** Effects of Sublethal Concentration of Potassium Dichromate on the Occurrence of Splenic Melanomacrophage Centres in Juvenile Plaice, *Pleuronectes platessa* L. Journal of Fish Biology, 1987, 31, s 75–80.
- Krasner SW, Croue JP, Buffle J, Perdue EM.** “ Three approaches for characterizing NOM, ” Jour. Of AWWA, 1996, 88, s 66-79.
- Krasner SW, McGuire MJ, Jacangelo JG, Patania NL, Reagan KM, Aieta EM.** The occurrence of disinfection by - products in US drinking water . Journal American Water Works Association, 1989, 81 (8), 41 – 53 .
- Lambert SD, Graham NJD, Croll BT.** Degradation of selected herbicides in a lowland surface water by ozone and ozone - hydrogen peroxide . Ozone Science & Engineering, 1996, 18, 251 – 269 .
- Larson RA, Weber EJ.** “Reaction Mechanisms in Environmental Organic Chemistry”, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1994.
- Liang S, Yates RS, Davis DV, Pastor SJ, Palencia LS, Bruno JM.** Oxidation of MTBE by ozone and peroxone, Journal American Water Works Association, 1999, 91 (6), 104 – 114 .
- Liu Y, Mou S, Chen D.** “Determination of trace-level haloacetic acids in drinking water by ion chromatography–inductively coupled plasma mass spectrometry” Journal of Chromatography A, 2004, 1039, 1-2, s 89-95.
- Longley KE, Moore BE, Sorber CA.** Disinfection efficiencies of chlorine and chlorine dioxide in a gravity flow contactor . Journal of the Water Pollution Control Federation, 1982, 54 (2), 140 – 145 .

MacCarthy P, Suffet IH. “Aquatic humic substances and their influence on the fate and treatment of pollutants, In: Aquatic Humic Substances, Influence on Fate and Treatment of Pollutants”, eds. I. H. Suffet and P. MacCarthy, American Chemical Society, Advances in Chemistry Series 219, Washington DC, 1989, s 17-30.

MacKenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME, Gradus MS, Blair KA, Peterson DE, Kazmierczak JJ, Addiss DG, Fox KR, Rose JB, Davis JP. A massive outbreak in milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply, The New England Journal of Medicine, 1994, 331, s 161 – 167 .

Malcolm RL. “ Factors to be considered in the isolation and characterization of aquatic humic substances, In: Humic Substances in the Aquatic and Terrestrial Environment ” Ed: Allard B, Boren H and Grimvall A. Springer-Verlag, Berlin, 1991, s 9-36.

Martin ID, Mackie GL, Baker MA. Acute toxicity tests an pulsed-dose delayed mortality at 12 °C and 22 °C in the Zebra Mussel (*Dreissena-Polymorpha*) Archives Environmental Contamination and Toxicology, 1993, 24, s 389-398.

Martin DF, Pierce RA. “ A convenient method of analysis of humic acids in freshwater ”, Environment Letters, 1975, 1, s 49-52.

Mayers RJ, Segler KR. Thirsty in the desert, Water Environment & Technology October, 1995, s 42 .

McCarthy JJ, Smith CHA. review of ozone and its application to domestic wastewater treatment . Journal American Water Works Association 1974 ; 66 : 718 .

McGuire MJ, Pearthree MS, Blute NK, Arnold KF, Hoogerwerf T. Nitrifi cation control by chlorite ion at pilot scale . Journal American Water Works Association 2006 ; 98 (1): 95 – 105 .

Meier JR, Ringhand HP, Coleman WE, Schenck KM, Munch JW, Streicher RP, Kaylor WH, Kopfler FC. “Mutagenic byproducts from chlorination of humic acid”, Environmental Health Perspectives, 1986, 69, s 101-107.

Meier JR, Bull RJ, Stober JA. Evaluation of chemicals used in drinking water disinfection for production of chromosomal damage and sperm-head abnormalities in mice. Environ. Mutagen, 1985, 7(2), s 201-11.

Miller GW, Rice R, Robson C, Scullin R, Kuhn W. An Assessment of Ozone and Chlorine Dioxide Technologies for Treatment of Municipal Water Supplies. Executive Summary, Cincinnati, OH . USEPA, October, 1978, 60018 - 78 – 018.

Miltner RJ. The Effect of Chlorine Dioxide on Trihalomethanes in Drinking Water . MS Thesis, University of Cincinnati, 1976 .

National Toxicology Programme (NTP), Toxicology and Carcinogenesis Studies of Chlorinated Water (CAS Nos. 7782-50-5 and 7681-52-9) and Chloraminated Water (CAS No. 10599-90-3) (Deionized and Charcoal-Filtered) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Drinking Water Studies). Technical Report 392 1992, Department of Health and Human Services.

National Poisons Information Service (NPIS), Sodium hypochlorite. TOXBASE®. 2010 (As accessed 08/04/2014).

Neemann J, Cheek M, Stockton J, Noelle R. Ozonation for taste - and – odor control in Medford, Oregon . 2001 Water Quality Technology Conference , Nashville, TN. November 11 – 15, 2001 .

Nerenberg R. Ozone/Biofiltration for removing MIB and geosmin . Journal American Water Works Association 2000 ; 92 (12): 85 – 95 .

Norwood DL, Johnson JD, Christman RF, Millington DS. “Chlorination products from aquatic humic material at neutral pH, Water Chlorination: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects”, eds., R. L. Jolley et al., 4, Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 1983, s 191-200.

Oliver BG, Shindler DB. Trihalomethanes from chlorination of aquatic algae . Environmental Science & Technology, 1980, 14 (12), 1502 .

Oxenford JL. “ Disinfection by-products: Current practices and future directions, In: Disinfection by-products in water treatment: The chemistry of their formation and control ” (Ed: Minear RA and Amy GL), Lewis Publishers FL, 1996, s 3-16.

Owen DM, Amy GL, Chowdhury ZK. “ Characterization of natural organic matter and its relationship to treatability, ” AWWA Research Foundation, 1995.

Öztürk S, Avcı H. Gökkuşığı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) Bakır Sülfat Pentahidrat ile Oluşturulan Akut ve Kronik Bakır Toksikasyonunda Patolojik İncelemeler, Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Patoloji Anabilim dalı, Aydın, 2014.

Peavy HS, Rowe DR, Tchobanoglous G. Environmental Engineering, McGraw- Hill Book Company, Newyork, 1986, s 182-186.

Pett B, Smith F, Stendahl D, Welker R. Cryptosporidiosis outbreak from an operations point of view: Kitchener – Waterloo, Ontario spring 1993, American Water Works Association, Water Quality Technology Conference, AWQTC. November 7 – 11, 1993, Miami, FL. Denver, CO: AWWA .

- Pitanga FL.** The effect of sodium hypochlorite in different aquatic organisms, University of Aveiro Ano, department of Biology, 2011.
- Prengle HWJ, Hewes CG, Mauk CE.** Oxidation of refractory materials by ozone with ultraviolet radiation . In Proceedings of the Second International Symposium on Ozone for Water and Wastewater Treatment (ed. R.G. Rice , P. Pichet , and M.A. Vincent). Norwalk, CT : International Ozone Association, 1976, s 244 – 252 .
- Pulsford AL, Ryan KP, Nott JA.** Metals and Melano-macrophages in Flounder *Platichthys flesus* Spleen and Kidney, Journal of the Marine Biological Association, U.K. 1992, 72, s 483–498.
- Qi Y, Shang C, Irene MCL.** “Formation of haloacetic acids during monochloramination” Water Research, 2004, 38, 9, s 2375-2383.
- Racioppi F.** Household bleaches based on sodium hypochlorite: review of acute toxicology and poison control centre experience. Food Chem. Toxicol., 1994, 32(9), s 845-61.
- Rad F.** Türkiye’de gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) işletmelerinin teknik ve ekonomik analizi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1999.
- Ransome ME, Whitmore TN, Carrington EG.** Effect of disinfectants on the viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts . Water Supply, 1993, 11, s 75 – 89 .
- Ranville JF, Harnish RA, McKnight DM.** “ Particulate and colloidal organic material in Pueblo Reservoir, Colorado: Influence of autochthonous source on chemical composition ”, In: Organic Substances and Sediments in Water, Vol:1 Humics and Soils, ed., R. A. Baker, Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1991.
- Rand J, Gagnon G, Hofmann R, Chauret C, Andrews R.** Chlorite versus chlorine dioxide for controlling heterotrophic biofilms: field and bench – scale evaluation . Proceedings of the American Water Works Association Water Quality Technology Conference , Quebec City, 2005. Denver, CO: AWWA, 2008.
- Rashid MA.** “ Geochemistry of Marine Humic Compounds ” , Springer-Verlag, New York, NY, 1985.
- Reckhow DA, Singer PC.** “ Chlorination by-products in drinking waters: from formation potentials to finished water concentrations, ” Journal of AWWA, 1990, 82, s 173-180.
- Reed P, Evans R.** Acute toxicity of chlorides, sulfates and total dissolved solids to some fishes in illinois, Illinois Environmental protection Agency, Division of Water Pollution Control, 1981, s 1-51.

Reinhard M, Stumm W. “Kinetics of chlorination of p-xylene in aqueous solution,” In: Water Chlorination: Environmental Impact and Health Effects, eds. , R. L. Jolley et al., Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 1980, 3, s 209-218.

Reiser S, Schroeder JP, Wuertz S, Kloas W, Hanel R. Histological and physiological alterations in juvenile turbot (*Psetta maxima*, L.) exposed to sublethal concentrations of ozone-produced oxidants in ozonated seawater. *Aquaculture*, 2010, 307(1-2), s 157-164.

Rice R, Netzer A. Handbook of Ozone Technology and Applications, Vol. II , Ozone for Drinking Water Treatment. Boston : Butterworth Publishers, 1982 .

Richardson S, Rav AC, Simpson G. Chlorine dioxide reactions and disinfection by products, In State of the Science of Chlorine Dioxide in Drinking Water (eds. D.J. Gates , G. Ziglio , and K. Ozekin), Denver, CO, AWWA Research Foundation and AMGA, 2009, s 21 – 49 .

Roberts PV, Aieta EM, Berg JD, Chow B. Chlorine Dioxide for Wastewater Disinfection: a Feasibility Evaluation. Civil Engineering Department, Stanford University, October, 1980, Palo Alto, CA . Technical Report No, 251.

Roberts RJ. Fish Pathology. In: Roberts RJ (Eds), Rodger HD, The Pathophysiology and Systematic Pathology of Teleosts. Fourth Edition, USA Wiley-Blackwell: CRP Press, 2012, s 62-113.

Rook JJ. "Formation of Haloforms During the Chlorination of Natural Water." *Water Treatment and Examination*(23), 1974, s 234-243.

SDWF. Safe Drinking Water Foundation. Mining and Water Pollution. www.safewater.org. (8.08.2014), s 1-6.

Seeger DR, Moore LA, Stevens AA. “Formation of acidic trace organic by-products from chlorination of humic acids”, In: Water Chlorination: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects, eds., R. L. Jolley et al., 5, Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1985, s 859-873.

Senevirtine G. The wandering of a vicious cholera strain. *San Francisco Chronicle* September 10, 1973, 109th year, no, 253, s 17 .

Servizi JA, Martens DW. Some effects of suspended Fraser River sediments on sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*), 1987, 254-264.

Shorney HL. Disinfection By - Product Precursor Removal by Enhanced Softening and Coagulation. PhD Dissertation, University of Kansas, Department of Civil Engineering, April 9, 1998.

- Siangas EL, Pouly M, Vallejos A, Perez T, Rejas D.** Effect of wayer quality on growth of four fish species in the Itenez basin (Upper Madera, Amazon), *Environmental Biology of Fishes*, 2012, 95, s 371-381.
- Singer P, Harrington GW, Cowman GA, Smith ME, Schechter DS, Harrington LJ.** Impact of Ozonation on the Formation of Chlorination and Chloramination By - Products . Denver, CO : AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 1999 .
- Singer PC.** Control of disinfection by - products in drinking water . *Journal of Environmental Engineering*, American Society of Civil Engineers, 1994, 120 (4), s727 – 744 .
- Singer PC, Obolensky A, Greiner A.** Relationships among disinfection by - products in chlorinated waters, *Proceedings of the Water Quality Technology Conference of the American Water Works Association*, November 15 – 19, 1992, Toronto, Canada.
- Steichen MT, Kobylinski EA, Hunter GL.** Trihalomethane formation and control is not just for water treatment plants, *WEFTEC 2003*, October 11 – 15, 2003 , Los Angeles, CA.
- Steinberg C, Muenster U.** Geochemistry and ecological role of humic substances in lakewater, ” In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water Geochemistry, Isolation, and Characterization*, (Ed: Aiken GR, McKnight DM, Wershaw RL, and MacCarthy P), John Wiley & Sons, New York, NY, 1985, s 105-145.
- Stevenson AH.** Studies of bathing water quality and health . *American Journal of Public Health*, 1953, 43, 529 .
- Stuermer DH.** “ The characterization of humic substances in seawater ” , Ph. D. Dissertation, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, 1975.
- Svobodva Z, Lloyd ZR, Machova J, Vykusova B.** Water quality and fish health. EIFAC Technical paper, 1993, 54, 1-71.
- Symons JM, Stevens AA, Clark RM, Geldreich EE, Love OTJ, DeMarco J.** Treatment Techniques for Controlling Trihalomethanes in Drinking Water, *Drinking Water Research Division, USEPA , Cincinnati*, September, 1981, OH . EPA - 600/2 - 81 – 156.
- Symons JM, Krasner SW, Simms LA, Sclimenti M.** “Measurement of THM and precursor concentrations revisited: The effect of bromide ion,” *J. of AWWA*, 1993, 85(1), 51-62.
- Şengül F, Küçükgül E.** Çevre mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel işlemler ve Süreçler. D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 1995, 153 (5-1), s 5-6.
- Taylan ZS, Özkoç HB.** Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği, *BAU, FBE Dergisi*, 2007, 9, s 17-33.
- Thurman EM, Malcolm RL.** “ Preparative isolation of aquatic humic substances,” *Environ. Sci. Tech.*, 1983, 15, 463.

- Thurman EM.** “ Organic Geochemistry of Natural Waters ” , Martinus Nijhoff Dr. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1985a.
- Tom D.** Reynolds, Unit Operations And Processes in Environmental Engineering. Boston. Massachusetts, 1987, s 523-528.
- Toprak H.** Atık su Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 1996, 241 (2), 18-1.
- Toranzo AE, Magarinos B, Romalde JL.** A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems, Aquaculture, 2005, 246, s 37-61.
- Torgersen Y, Hastein T.** Disinfection in aquaculture, Rev Sci Teach, 1995, 14(2), s 419-434.
- Toröz İ.** Çevre mühendisliği ve bilimi için kimya 5. Baskı Clair N. Sawyer, Perry L. Mccarty, Gene F. Parkin, 5, Nisan, 2013.
- TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu.** Su Ürünleri İstatistikleri 2015. http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=13&KITAP_ID=52. Erişim Tarihi: 20 Ağustos 2016.
- UK National Teratology Information Service (UKTIS),** Use of sodium hypochlorite (bleach) in pregnancy, 2012.
- USEPA.** “Integrated risk information system”. Office of Research and Development (ORD), National Center for Environmental Assessment, 2001.
- USEPA .** National primary drinking water regulations: Long term 2 enhanced surface water treatment rule . Federal Register, 2006, 71 (3), s 654 – 786 .
- Van HD, Tiedt LR, Vosloo A.** Gill Damage in and After Short-term Copper Exposure. Elsevier, 2004, 1275, s 195- 200.
- White DC.** "Quantitative physicochemical characterization of bacterial habitats," in J. S. Poindexter and E. R. Leadbetter, ed. Bacteria in Nature, Plenum Press, New York, 1992, s 177-203.
- White GC.** Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants , 4th edition, Hoboken, NJ : Wiley , 1998 .
- White GC.** White’s Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, John Wiley & Sons, Inc., Black & Veatch Corporation, Hoboken, New Jersey, Canada, 5th ed., 2010, s 360-400.
- Wilhelm MJ, Adams VD, Curtis JG, Middlebrook EJ.** Carbon adsorption and air stripping removal of MTBE from river water . Journal of Environmental Science & Engineering 2002, 128 (9), s 813 – 823 .

Williams SL, Rindfleisch DF, Williams RL. Deadend on haloacetic acids (HAA) . Proceedings of the Water Quality Technology Conference, American Water Works Association, November 6 – 10, 1994, San Francisco .

Xie Y. “Analyzing Haloacetic Acids Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry” Water Research, 2001, 35, 6, s 1599-1602.

Yavich AA, Lee KH, Chen KCh, Pape L, Masten SJ. “Evaluation of biodegradability of NOM after ozonation”, Wat. Res. 2004, 38, s 2839-2846.

Zimmer AM, Brauner CJ, Wood CM. Exposure to waterborne Cu inhibits Cutaneous Na⁺ Uptake in post-hatch larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquatic Toxicology, 2014, 150, s 151-158.



ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı : Cengiz, Özhan
Uyruk : TC
Doğum yeri ve tarihi : Aydın, 02.10.1985
Telefon : 05544025463
E-mail : ozhancengiz09@gmail.com
Yabancı Dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi
Lisans	Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi	2012

BURSLAR ve ÖDÜLLER:

TÜBİTAK Araştırma Projesi, Yüksek Lisans Öğrenci Bursu, 2013-2014.

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Ünvan
2014-2015	Özel Sektör	Kalite Kontrol Sorumlusu

AKADEMİK YAYINLAR

1. PROJELER

H. Avcı, **Ö. Cengiz**. Farklı konsantrasyonlarda sodyum hipoklorid kullanılan gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) patolojik incelemeler. Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kurulu, Proje No VTF-15039.

2. KONGRELER

VI. Ulusal Veteriner Patoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı, 19-23 Eylül 2012) Katılım Belgesi.