

T.C.
TUNCELI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ'NDEN (TUNCELI, TÜRKİYE) TOPLANAN
***Chlorella sp.*'NİN ATIK SUDA YETİŞTİRİCİLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kadir YILMAZ

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

1. DANIŞMAN

Doç. Dr. Erkan CAN

2. DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Şafak SEYHANEYILDIZ CAN

ŞUBAT-2016

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ'NDEN (TUNCELİ, TÜRKİYE) TOPLANAN
***Chlorella* sp.'NİN ATIK SUDA YETİŞTİRİCİLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kadir YILMAZ
(142106102)

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

1. DANIŞMAN
Doç. Dr. Erkan CAN

2. DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Şafak SEYHANEYILDIZ CAN

ŞUBAT-2016

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ'NDEN (TUNCELİ, TÜRKİYE) TOPLANAN
***Chlorella* sp.'NİN ATIK SUDA YETİŞTİRİCİLİĞİ**

Kadir YILMAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 10/02/2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Doç. Dr. Erkan CAN
(T.Ü)

Doç. Dr. Volkan KIZAK
(T.Ü)

Doç. Dr. Feray SÖNMEZ
(F.Ü)

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Durali DANABAŞ
Enstitü Müdür
İmza ve Mühür

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Evsel ve endüstriyel atık sular azot, fosfor ve diğer nutrientler bakımından oldukça zengindir. Bu sular arıtılmadan deniz ve tatlı su gibi alıcı ortamlara verildiği takdirde çevresel açıdan büyük problemlere sebep olmaktadır. Oysa çevre için oldukça zararlı olan bu suların içindeki bileşikler, algler için gerekli olan asıl besin kaynaklarıdır. Alg üretimi esnasında maliyeti artıran en önemli faktör besin hammaddeleridir. Mikroalg üretimi evsel ve endüstriyel karbondioksit kaynaklarından gelen atık sular ile entegre edilebilir. Bu nedenle, atık sularda alg üretimi hem çevreyi kirletici bir etkeni ortadan kaldıracak hem de alg üretimi için pahalı kimyasalların kullanılmasını engelleyecektir. Bu da ekonomik olarak önemli bir kazanımdır. Bu çalışmada, atık su arıtma tesisinde sadece arıtma tesisinin ilk giriş suyu evsel atık su, seyreltilmeden, %25, %50 ve %75 distile su ile seyreltilerek besin ortamları hazırlanmış ve *Chlorella* sp. 20 gün boyunca bu besin ortamlarında kültüre alınmıştır. 20 günün sonunda yapılan analizler, elde edilen alg türünün (*Chlorella* sp.) atık sudaki nitrit, nitrat, fosfat ve amonyumu besin olarak kullanarak, biyomaslarını artırdığını ve en iyi gelişimi %50 distile su ile hazırlanan atık su ortamında sergilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzunçayır, Alg, Atık su, Kültür.

ABSTRACT

Culture of *Chlorella* sp. in Wastewater Collected Uzunçayır Dam Lake (Tunceli, Turkey)

The industrial and domestic wastewaters are quite rich in terms of nitrogen, phosphor and other nutrients. These waters lead to the serious problems for the environment if they are given to the receiving environments such as sea or fresh water without being refined. However the components in these waters which are very dangerous for the environment are the essential nutritional source for the algae. The most important factor increasing the cost is the nutritional feedstock during the algae production. The microalgae production can be integrated with the wastewaters coming from the industrial and domestic carbon monoxide sources. For this reason, the algae production in wastewater both removes the environmental pollutant factor and prevents the use of expensive chemicals for the algae production. This is a significant economic gain as well. In this study, nutrition environments have been prepared by diluting the domestic water taken from entrance of wastewater treatment plant with 25%, 50% and 75% distilled water and *Chlorella* sp. has been cultivated in these nutrition environments during 20 days. The analysis after 20 days indicates that the obtained algae type (*Chlorella* sp.) have increased biomass by using nitrite, nitrate, phosphate and ammonium in the wastewater as nutrient and has showed the best progress in wastewater environment prepared by 50% distilled water.

Key Words: Uzunçayır, Algae, Wastewater, and Cultivation.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yapılabilmesi için gerekli altyapıyı sunan Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü'ne, Mühendislik Fakültesi Biyomühendislik Bölümü'ne ve Tunceli Belediyesi Su Arıtma Tesisi Müdürü ve çalışanlarına vermiş olduğu imkânlardan dolayı teşekkür ederim. Çalışmada değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen, eleştirileri ve önerileriyle araştırmamın sürekliliğini sağlayan ve tez yazım aşaması dâhil her aşamada yardımcı olan tez danışmanlarım Sayın Doç. Dr. Erkan CAN ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Şafak SEYHANEYILDIZ CAN'a; tezime katkı ve yardımda bulunan Sayın Doç. Dr. Volkan KIZAK, Arş. Gör. Esin BAĞCI ve Arş. Gör. Işıl Canan ÇİÇEK'e teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım süresinde bana sabır gösteren, her zaman yanımda olan çok kıymetli annem Fatma YILMAZ'a ve benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ailemin diğer fertlerine minnettarım.

Kadir YILMAZ
TUNCELİ - 2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
RESİMLER LİSTESİ	IX
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırma Alanı Hakkında Bilgi.....	8
1.1.1 Coğrafiik Özellikler	8
1.2 Su Parametreleri	8
1.3 İklim Özellikleri	9
2. MATERYAL VE YÖNTEM	10
2.1 İstasyonlardan Örneklerin Alınması.....	10
2.2 Örneklerin Süzülmesi ve Zenginleştirilmesi	14
2.2.1 SWE Besin Ortamı	15
2.2.2 Toprak Suyunun Hazırlanması	15
2.2.3 F/2 Besin Ortamı	16
2.3 Alglerin İzolasyonu	17
2.3.1 Filtrasyon.....	18
2.3.2 Dilüsyon	18
2.3.3 Saf Agar Kültürü	18
2.3.4 Mekanik İzolasyon	19
2.4 Alglerin Atık Suda Kültürü	20
2.4.1 Atık Su Ortamının Hazırlanması	20
2.4.2 Biyomas Ölçümü	21
2.4.3 İstatistik Analizler	22

3.	BULGULAR	23
3.1	İzolasyonu Yapılan Türler	23
3.1.1	İzole Edilen <i>Chlorella</i> sp.....	23
3.1.2	İzole Edilen <i>Chlorella</i> sp.'nin Yoğunlaştırılması.....	25
3.1.3	<i>Chlorella</i> sp.'nin Atık Suda Kültürü	25
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ	28
5.	KAYNAKLAR.....	30
	ÖZGEÇMİŞ	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 2.1. Uzunçayır Baraj Gölü istasyonlarının görünümü..... 10
- Şekil 3.1. Farklı atık su konsantrasyonlarda kültüre alınan *Chlorella* sp.'nin günlük optik yoğunluk değerleri (680 nm)..... 25
- Şekil 3.2.Farklı atık su konsantrasyonlarda kültüre alınan *Chlorella* sp.'nin günlük kuru ağırlık değerleri (g.L⁻¹.gün⁻¹) 26

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. SWE ortamı	15
Tablo 2.2. F/2 besin ortamı.....	16
Tablo 3.1. Optik yoğunluk ve kuru ağırlık ile ilgili istatıksel veriler	26

RESİMLER LİSTESİ

Sayfa No

Resim 2.1. Horizontal plankton çekimi	11
Resim 2.2. Tekne ile yapılan horizontal plankton çekimi	12
Resim 2.3. Vertikal çekim	13
Resim 2.4. Örneklerin şişelenmesi	13
Resim 2.5. Atık suyun süzülmesi	14
Resim 2.6. İzolasyon için yoğunlaştırılan algler	17
Resim 2.7. İzolasyonu yapılan <i>Chlorella</i> sp.'nin SWE ve F/2 besin ortamlarında kültürü. 19	
Resim 2.8. Tunceli Belediyesi'ne ait atık su arıtma tesisinde ön çökertme işleminin yapıldığı havuzdan su numunesi alınması	20
Resim 2.9. Farklı yoğunluktaki atık su ortamında kültüre alınan algler	21
Resim 3.1. <i>Chlorella</i> sp.'nin mikroskopik görüntüsü	24

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CaCl₂.2H₂O	: Kalsiyum klorür dihidrat
CoCl₂.6H₂O	: Kobalt (II) klorür hegzahidrat
CuSO₄.5H₂O	: Bakır (II) sülfat pentahidrat
FeCl₃.6H₂O	: Demir (III) klorür hegzahidrat
K₂HPO₄	: Potasyum fosfat dibazik
KH₂PO₄	: Monopotasyum fosfat
MgSO₄.7H₂O	: Magnezyum sülfat heptahidrat
MnSO₄.H₂O	: Mangan (II) sülfat monohidrat
NaCl	: Sodyum klorür
NaMoO₄.2H₂O	: Sodyum molibdat dihidrat
NaNO₃	: Sodyum nitrat
Na₂EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit disodyum
Na₂HPO₄.7H₂O	: Disodyum hidrojen fosfat heptahidrat
ZnSO₄.7H₂O	: Çinko sülfat heptahidrat

1. GİRİŞ

Üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada konumunda olan Türkiye'nin 8.333 km'lik kıyı şeridi ve 177.714 km uzunluğunda nehirleri bulunmaktadır. Ayrıca her geçen yıl artan 342.372 hektarlık baraj gölleri mevcuttur. Deniz ve iç su kaynaklarımızın toplam yüzey alanı 25 milyon hektar olup bu rakam 23 milyon hektar olan işlenebilir tarım arazisinin üzerinde bir rakamdır (Anonim, 2012).

İnsan hayatında elzem öneme sahip olan su, sanılanın aksine sınırlı bir kaynaktır. Su; molekül olarak iki hidrojen ve bir oksijen atomunun kovalent bağ yapması sonucu oluşan vazgeçilmez bir maddedir. Günümüzde su kaynakları ile ilgili çözülmesi gereken en önemli sorun, onun etkin kullanımınıdır. Su kaynakları tarımsal, endüstriyel ve evsel kirliliklerden büyük ölçüde etkilenmektedir (Eltem, 2001). Suların çeşitli kullanımlar sonucunda atık su haline dönüşerek yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin birini veya birkaçını uygulayarak atık suların arıtılması gerekmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2004). Kirlenen bu sular yüksek oranda nitrit, nitrat, amonyum ve fosfat içermektedir. Bu suların arıtılmadan denize, göle veya akarsuya dökülmesi çevresel açıdan yıllarca ciddi problemlere neden olmuştur (Martínez ve ark., 2000). Besin miktarı açısından zengin olan atık sular, mikro ve makro alg üretimi için oldukça uygundur. Genel olarak doğal suların temizlenmesinde önemli rolü olan mikroalgler güneş enerjisini kullanarak aerobik bozunma için gerekli olan oksijeni üretir. Atık sularda bulunan inorganik bileşikleri besin maddesi olarak kullanan algler, arıtım içinde alternatif ve ucuz bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Craggs ve ark., 1997). Ön çökertme ve aktif çamur işlemi gibi geleneksel yöntemlerle atık suda bulunan azot ve fosfor gibi inorganik maddelerin ancak bir kısmı uzaklaştırılır (Tredici ve ark., 1992). Kalan bileşiklerin uzaklaştırması için ise alternatif olarak algler kullanılabilir. Atık su arıtımının yanı sıra algler gıda kaynağı olarak değerlendirilirken, tıp ve eczacılıkta, gübre üretiminde, kâğıt üretiminde ve hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır (McHugh, 2003). Son 20 yıldır ise alglerin yakıt kaynağı olarak değerlendirilmesi ile ilgili fikirler ön plana çıkmıştır (McHugh, 2003; Seyhaneyıldız ve ark., 2007). Çünkü algler, bitkisel yağlarla kompozisyonu aynı olan yağ asidi, steroller,

karotenoidler gibi klasik lipitleri sentezler ve uygun şartlar altında geliştikleri zaman sentezledikleri lipidin oranı, kuru ağırlıklarının %80'ine kadar çıkar (Kosaric ve Velikonja, 1995).

Algler, tek hücreli veya çok hücreli, ototrofik, fotosentetik eukaryotlardır. Algler, biyolojik arıtım prosesinde iki sebepten dolayı çok önemlidirler. Birincisi, havuzlarda alglerin fotosentezle oksijen üretme yetenekleri sudaki ekoloji bakımından çok önemlidir. Aerobik veya fakültatif oksidasyon havuzlarında aerobik heterotrofik bakterilere ihtiyaçları olan oksijeni sağlayarak havuzların etkin bir şekilde çalışmasını sağlarlar. İkinci olarak algler, biyolojik arıtım proseslerinde, alıcı su ortamlarında yaygın algal büyümeyi (Eutrofikasyonu) engelleme gibi bir özellikleri olması sebebiyle de çok önemlidirler. Bu nedenle günümüzde arıtım proseslerinde azot ve fosforun uzaklaştırılması konusu oldukça önem kazanmıştır (Eltem, 2008).

Mikroalgler, polisakkarit içerikleri için üretilen ve uzun yıllar agar, alginic asit ve karagenin ticari olarak üretimi yapılan makroalglerin aksine nadiren ticari olarak kullanım olanağına sahiptirler. Bu nedenle en az 30.000 tür içerdiği tahmin edilen mikroalgler üzerinde araştırma yapılması gereken doğal kaynaklar arasında yer almaktadır (Richmond, 1986). Ekonomik amaçlar doğrultusunda mikroalg üretiminin birçok avantajını tanımlamak mümkündür. Bunlar:

a) Mikroalg kültürünün yapılması organik madde üretiminde solar enerjinin kullanılmasında önemli bir görev alır. Mikroalglerin büyük bir kısmı yıl boyunca birçok karasal bitkiden daha hızlı bir şekilde çoğalabilmektedir.

b) Tek hücreli organizma olmalarından dolayı mikroalglerin tüm külesinden faydalanılabilmektedir. Bunun tersine karasal bitkilerde ise önemli bileşikler, genellikle sadece meyve, tohum, yapraklar ve kökler gibi belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır.

c) Bunun yanında pek çok algin proteinler, yağlar, nişasta, gliserol, doğal pigmentler ve biyopolimer ve benzeri ekonomik değeri olan bileşiklerin oldukça yüksek yoğunluklarda üretilebilmesi için fizyolojik olarak değişikliklere uyarlanması gerekmektedir (Richmond, 1986; Cohen, 1999).

Yüksek üretim maliyetleri günümüzde mikroalglerin bir hayvan yemi olarak yaygın bir şekilde kullanımını engellemektedir ve bugün için mikroalglerin ticari çıktısı sadece su ürünleri yetiştiriciliğinde mollusk larvaları, karides ve bazı balıkların üretimi amacı içindir. (Richmond ve Becker, 1986).

Alg kültürü konusunda yayınlanmış ilk rapor, bakteriyolojinin kurucusu olarak bilinen ve Almanya doğumlu Cohn (1850), tarafından tek hücreli bir flagellat olan *Haematococcus* sp. (Chlorophyceae)'yi kültüre etmesi ile başladı ve bu yönteme “kültivasyon” ismini verdi (Andersen ve Preisig, 2005).

Rusya’da alg kültür disiplininin kurucularından olan ve inorganik tuz solüsyonları kullanarak alg kültürü yapma girişiminde bulunan Famintzin (1865), bu alandaki ilk kişidir (Kuznetsov ve Strogonov, 1995; Krasnovsky, 2003).

Hollandalı mikrobiyolog Beijerinck (1890), aksenik (saf) kültürler konusundaki ilk raporu yayınlayan ve serbest bakteri kültürlerinden *Scenedesmus* ve *Chlorella*'yı izole eden ilk kişi oldu. Beijerinck (1890), daha sonra diyatmaları ve Cyanobacteria bölümüne mensup bazı alglerin saf kültürlerini de yapmıştır (Andersen ve Preisig, 2005).

İsviçre Basel Üniversitesi’nden Klebs’in (1896) araştırmaları, belki de kültür konusunda kendi zamanın en etkili çalışmalarıdır. Klebs, agara izole edilmiş zoosporlar koyarak ipliksi ve sifonsu (tüpsü) alglerin saf kültürlerini yapmak için çalışmıştır. Ayrıca, kültür ortamı olarak petri kaplarını kullanmış ve agar üzerinde alg izole eden ilk kişi olmuştur (Andersen ve Preisig, 2005).

Jacobsen (1910), Chlamydomonadaceae alglerini (*Polytomauvella Ehrenberg*) izole eden ilk kişi olmuştur. Ayrıca, Spondylomorum, Chlorogonium, Chlamydomonas ve Carteria (Chlorophyceae) türü algleri de izole etmiştir. Jacobsen (1910), organik zenginleştirmede peptonları ve çeşitli şekerleri kullanmıştır. Yine aynı yıllarda Allen ve Nelson (1910), deniz hayvanları yetiştirmek için alg yetiştirme çalışmalarına yönelmişler ve alg kültürüne de önemli katkılar sağlamışlardır. Allen ve Nelson (1910), Van’t Hoff (1905), tarafından belirlenen deniz suyunun moleküler konsantrasyonuna dayalı yapay bir deniz suyu oluşturmuşlardır. Ayrıca, sularda bir iz element olarak demirin önemini tanımlamışlardır. Bununla birlikte, yapay deniz suyu içine küçük miktarlarda doğal deniz suyu ekleyerek alglerin daha iyi bir büyüme kaydettiklerini görmüşlerdir (Andersen ve Preisig, 2005).

Allen ve Nelson (1910), alglerin büyüyen toplu kültürlerinde yeni sorunlarla karşılaştılar. Büyük kültür kaplarında ışığın sınırlayıcı faktör haline geldiğini belirttiler. Bugün bile ışığın sınırlayıcılığı toplu kültür çalışmalarının işini güçleştirmektedir. Her ikisi de “besin” ve “koruyucu” muamelenin alg büyümesinde başarı için eklenmesi gerektiğini kabul etmişlerdir (Andersen ve Preisig, 2005).

Pringsheim (1912), kontamine bakterilerin sayısını azaltmak için kılcal pipet yardımıyla filament ve tek hücre toplama tekniklerini geliştirmiştir. Ayrıca, toprak özü kullanmaya başlamış ve daha sonra iyi bir büyüme elde etmek için saf mineral ortama turba ilave etmiştir. Pringsheim (1912), ilk olarak Halle an der Saale’de ve daha sonra da Prag Alman Üniversitesi’nde büyük bir kültür koleksiyonu oluşturmuş ve 1928 yılında da yaklaşık 50 yeni tür dâhil etmiştir. Daha sonra Cambridge de Protozoa (CCAP) ve Alg kültür merkezini kurmuştur (Andersen ve Preisig, 2005).

Margulis ve Dolan (2002), canlıları 2 üst alem (Prokarya, Eukarya) ve bunlara bağlı 5 alemde (Bacteria, Protocista, Animalia, Fungi, Plantae) sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmada bazı algler (Cyanophyta), Monera alemi içinde, bazı algler ise (Dinophyta, Haptophyta, Crptophyta, Flagellates, Bacillariophyta, Phaeophyta, Rhodophyta, Conjugaphyta, Chlorophyta) Protocista alemi içinde yer almıştır. Şimdilerde bu ve benzer sistemler, bilim dünyasında geniş bir literatürün kaynak olarak alındığı, moleküler çalışmalarla da bunun desteklendiği ve ortak bir veri tabanında toplandığı sistemler şekline dönüşmüştür. Bu çalışmada, “www.algaebase.org” veri tabanındaki sistematik kategorizasyon temel alınmıştır.

Geniş ölçekli alg üretimi için en uygun besin ve ucuz kaynak olarak sanayi, belediye ve tarımsal atık sular gelmektedir. Doğal sularda ötrifikasyonun önlenmesi için atık sularda bulunan bu besinlerin uzaklaştırılması büyük önem taşımakta olup bu durum, geniş ölçekli alg üretimleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Alglerin üretiminde atık suların kullanımı mümkün olduğu için atık su arıtımı ve alg üretimi entegrasyonunun oluşturulması sinerjistik bir çözüm olarak görülmektedir (Sturm ve Lamer 2011; Craggs ve ark., 2011). Büyük ölçekli havuzlarda alg üretiminde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Üretim oranlarında atık suyun kaynağı, tipi, bölgesi ve kültür şartlarına bağlı olarak geniş varyasyonlar görülmektedir. Geniş ölçekli alg üretim havuzlarında %75 üzeri besin uzaklaştırılması sağlanabilmektedir (Park ve ark., 2011).

Organik maddece zengin sularda, algler ve bakteriler arasında simbiyotik bir ilişki vardır. Bu ilişkide algler, fotosentez süresince serbest oksijen üreterek organik maddenin aerobik bakteriyel oksidasyonunu desteklerken, oksidasyonla açığa çıkan karbondioksit ve nutrientler, algler tarafından yeni biyomas üretiminde kullanılmaktadır. Temel azot kaynağını amonyum, karbon kaynağını karbondioksit ve fosfor kaynağını ortofosfat kabul ederek Oswald (1988), 1 g alg biyomasının sentezi süresince yaklaşık 1,5 g oksijenin

serbest kaldığını belirlemiştir. Grobbelaar ve ark. (1990) ise bu miktarı 1,9 g oksijen olarak hesaplamıştır. Enlem, mevsim, atmosferin temizliği gibi faktörleri de dikkate alarak, Arceivala (1973), atık su arıtma havuzunun yüzeyine ulaşan ortalama güneş enerjisinin yaklaşık % 4-6'sının yeni alg biyoması üretiminde kullanılabileceğini ve 40° N enleminde (Ankara) 1 ha yüzey alanına sahip bir havuzda yaklaşık 80 kg/gün oksijen üretilebileceğini hesaplamıştır. Fotosentez süresince havuz suyunda oksijen miktarının artması, pH'nın yükselmesine, buna bağlı olarak fosforun çökmesine, amonyağın giderilmesine ve hidrojen sülfür miktarının azalmasına neden olur. Alg havuzundaki yüksek pH değerlerinin birçok patojen organizma için öldürücü olduğu da bilinmektedir (Laliberte ve ark., 1994). Atık sulardaki ağır metal iyonları da alg biyoması tarafından giderilebilir. Ağır metalleri sulardan uzaklaştırma etkinliği, alg türlerine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin *Chlorella vulgaris* asıl olarak kadmiyum, bakır ve çinko (Nakajima ve ark., 1981; Ting ve ark., 1989), giderme yeteneğine sahiptir. Subletal düzeyde ağır metal içeren sularda alglerin metal kirliliğine adapte olacağı belirtilmekle beraber, alg hücrelerindeki ağır metal birikimi, besin zincirindeki diğer halkalar için potansiyel olarak toksiktir (Wikfors ve Ukeles, 1982).

Algler, atık sularda nutrientler, ağır metaller, pestisitler, organik ve inorganik toksinler, radyoaktif maddeler gibi doğal ortam için tehlikeli kirleticileri giderme yetenekleriyle, atık su arıtımında yaygın olarak kullanılan organizmalar arasında önemli bir yere sahiptir. Alglerin radyoaktif materyalleri vücutlarında toplama yeteneğinin anlaşılmasından sonra, atık suların biyolojik arıtımındaki önemleri daha da artmıştır. Fitoplankton içerisindeki radyoaktif fosfor konsantrasyonunun sudakinden 200.000 defa daha fazla olduğunun tespit edilmiş olması, alglerin bu yeteneğini açıkça ortaya koymaktadır (Şen ve ark., 2003).

Endüstri kuruluşlarından, imalathanelerden, atölyelerden, tamirhanelerden, küçük sanayi sitelerinden ve organize sanayi bölgelerinden kaynaklanan her türlü işlem ve yıkama artığı suları, proses suları ile karıştırılmadan ayrı olarak işlem görüp uzaklaştırılan kazan ve soğutma suları endüstriyel atık su olarak tanımlanmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2004).

Atık su arıtımı, suların çeşitli kullanımlar sonucu atık su haline dönüşerek yitirdikleri kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal, fiziksel, kimyasal ve

biyolojik arıtma işlemlerinin biri veya birkaçı olarak da tanımlanabilir (Gül, 2010). Atık su arıtımı ile ilgili birçok metod geliştirilmiştir (Slokar ve Marechal 1998; Forgacs ve ark., 2004). Atık su arıtımı başlıca fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

Bunlardan birincisi, kirletici maddelerin fiziksel özelliklerine (maddenin boyutları, vizkozitesi ve özgül ağırlığı) bağlı olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. Fiziksel arıtma yöntemlerinden bazıları; ızgaralar, kum tutucular, çökeltme tankları ve filtrasyon havuzlarıdır (Cing 2001).

Kimyasal arıtma yöntemleri, kirletici maddelerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak, dışarıdan kimyasal madde eklemek suretiyle yapılan arıtma yöntemleridir. Bu yöntemler; koagülasyon ve flokleştirme (Robinson ve ark., 2001), iyon değiştiriciler, klorlama ve ozonlamadır (Perkins ve ark., 1995).

Biyolojik arıtma yöntemleri, atık sudaki çözünmüş organik kirleticilerin biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda uzaklaştırıldığı yöntemlerdir. Bunlardan bazıları: Biyolojik filtreler, aktif çamur ve modifikasyonlarıdır (Başbüyük ve ark., 1998). Stabilizasyon havuzları ve modifikasyonları, anaerobik sistemlerdir (URL-1, 2010). Bu yöntemde kirletici maddeler mikroorganizmalar tarafından atık su ortamından uzaklaştırılır. Atık suların biyolojik arıtımında kullanılan başlıca mikroorganizmalar; bakteriler, mantarlar ve alglerdir (Sadettin ve Dönmez 2007). Son yıllarda en çok araştırılan konular arasında tekstil atık sularındaki en önemli kirlilik kaynağı olan boyaların mikrobiyal hücreler üzerinde adsorpsiyonu yer almaktadır. Bu amaçla bakteri, maya, fungus ve alg gibi değişik tipte organizmalar boyaların sulu ortamlardan giderimi için kullanılmaktadırlar (Özmihçi ve Kargı, 2004).

Sucul alanlarda alg üretiminin arıtma gücünden faydalanılan bazı çalışmalar bulunmaktadır (Seyhaneyıldız Can ve ark., 2013a; Seyhaneyıldız Can ve ark., 2015). Alglerin uygun koşullarda çok hızlı gelişme göstermesi ve kirlilik maddesi olarak bilinen azot ve fosfor bileşikleriyle pek çok ağır metali bünyelerine almaları arıtma esasını oluşturmaktadır. Alglerin ortamdaki alınmasıyla da arıtma işlemi tamamlanmaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmak üzere ucuz protein sağlamak amacıyla yapılmış, ancak daha sonra bu proteinin, bu amaçla kullanılmasının mümkün olmayacağı görüldükten sonra kirli suların arıtılması amacına gidilmiştir. Bunun yanında elde edilen alglerden enerji elde etme çalışmaları da yapılmaya başlanmıştır.

(Seyhaneyıldız Can ve ark., 2013a). Alg havuzları sistemi pek çok ülkede kullanılmaya başlanmıştır. İsrail-Alman işbirliği çerçevesinde Hayfa yakınlarında, 100.000 nüfuslu yerleşim alanının atık sularının arıtılması amacıyla 1973 yılında kurulmuş olan tesis, bunun gelişmiş bir örneğidir (Soran, 1992).

Algler bazı arıtma proseslerinde önemli bir bileşen iken, aynı zamanda da sulak alan sistemlerinde de arıtma performansına önemli etki yaparlar. Algler, güneş ışığını ve havalanmayı bloke eden canlı bir örtü tabakası oluştururlar ve su kütlesine ışığın ve oksijenin geçmesini engellerler. Bu da, suda düşük çözünmüş oksijen seviyelerinin oluşmasına neden olur. Ayrıca, mavi-yeşil algler askıda katı maddelerin temel kaynağıdır. Mavi-yeşil algler, besin içermeyen ve ışıksız ortamlarda ölmekte, yüzebilirlik özelliklerini kaybetmekte ve çökelmektedirler (Çiftçi ve ark., 2007).

Sucul ortamlardan yüksek arıtma veriminin sağlanabilmesi için sistemi oluşturan birimlerin ve bütünleşmiş ekolojilerin iyi kavranması gerekmektedir. Bu nedenle sucul alanların ekolojik karakterinde olabilecek değişiklikleri tespit etmek ve zamanında gerekli müdahaleleri yapabilmek için izleme programları geliştirilmeli ve uygulanmalıdır (Bayrak, 2008).

Evsel ve endüstriyel atık sular azot, fosfor ve diğer nutrientler bakımından oldukça zengindir. Bu sular arıtılmadan deniz ve tatlı su gibi alıcı ortamlara verildiği takdirde çevresel açıdan büyük problemlere sebep olmaktadır. Oysa çevre için oldukça zararlı olan bu suların içindeki bileşikler, algler için gerekli olan asıl besin kaynaklarıdır. Alg üretimi esnasında maliyeti artıran en önemli faktör besin hammaddeleridir. Mikroalg üretimi evsel ve endüstriyel karbondioksit kaynaklarından gelen atık sular ile entegre edilebilir. Bu nedenle, atık sularda alg üretimi hem çevreyi kirletici bir etkeni ortadan kaldıracak hem de alg üretimi için pahalı kimyasalların kullanılmasını engelleyecektir. Bu da ekonomik olarak önemli bir kazanımdır. Bu tezde, Uzunçayır Baraj Gölü Aktuluk Bölgesi'ndeki farklı istasyonlardan, bazı alg türlerinin izolasyonu ve kültürü ile arıtma amaçlı kullanımı hedeflenmiştir. Bu şekilde koleksiyona dâhil edilen alglerin, atık su arıtımında kullanımı belirlenmiş ve diğer pek çok bilim dallarında kullanım olanakları araştırılmıştır.

1.1 Araştırma Alanı Hakkında Bilgi

1.1.1 Coğrafi Özellikler

Araştırma alanı olarak seçilen Uzunçayır Barajı, Munzur ve Pülümür Çayları'nın birleşme noktasının yaklaşık 25 km güneyinde olup, 1996-2003 yılları arasında inşa edilmiş ve 2009 yılı Ekim ayında barajda su tutulmaya başlanmıştır. Uzunçayır Barajı, göl alanı 24.5 km² yüzölçümü ile 308 milyon m³ (hm) su hacmine sahip olup yaklaşık 5 ay gibi kısa bir sürede baraj gölünde maksimum su seviyesine erişilmiştir (Boztuğ ve ark., 2012).

Akarsu yatağından yüksekliği 70 m, normal su kotunda göl hacmi 308 hm³, normal su kotunda göl alanı 13,43 km² olan baraj kaya gövde dolgu tipi olup gövde hacmi 551.000 m³'dir. Barajın faaliyete geçmesi ile 74 MW güç ile yıllık 317 GWh'lik elektrik enerjisi üretimi sağlanmaktadır (URL-2, 2009).

Gelişmekte olan ülkelerde baraj gölleri enerji ihtiyacının yanında, sulama suyu ve taşkından koruma amaçlı olarak yapılandırılmaktadır. Bu yapılar termik ve nükleer santrallere kıyasla çevresel etkilerinin daha az olması nedeni ile cazip özellik göstermektedir. Ülkemizde bu amaçlar doğrultusunda 700'e yakın baraj ve 500'ün üzerinde hidro-elektrik santral inşa edilmiştir (Küçükylmaz ve ark., 2010). Bunlara ilave olarak baraj gölü etrafında yeni şehirleşme faaliyetleri başlamıştır. Bu bölgede 2012 yılında faaliyete geçen Tunceli Belediyesi'ne ait kentsel atık su arıtma tesisi de bulunmaktadır (Boztuğ ve ark., 2012). Ayrıca balık üretim tesisleri de bulunmakta olup bu baraj gölleri balık üretimleri içinde önemli bir potansiyel durumundadır.

1.2 Su Parametreleri

Su koşulları ile ilgili olarak on istasyondan iki ayda bir su örnekleme ile yapılan bir çalışmada, elde edilen sekiz aylık ortalama değerler (minimum, ortalama, maksimum); su sıcaklığı (1,1-12,8- 29,4 °C), pH (7,7-8,1-8,6), çözülmüş oksijen (5,5-9,7-14,7 mg/L), BOİ5 (1-1,5-2 mg/L), asidite (101-154,3-285 mg/L), toplam sertlik (12,5-26,4-67,6 mg/L), toplam alkanite (66-132,1-198 mg/l), iletkenlik (148-276,9-381 µS/cm), askıda katı madde (0,03-1,04-3,03 mg/L) olarak tespit edilmiştir (Boztuğ ve ark., 2012).

1.3 İklim Özellikleri

Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat Bölümü'nde yer alan Tunceli ilinde sert kara iklimi hüküm sürer. Yazlar serin ve kısa, kışlar uzun ve çok soğuk geçer. Aylarca soğuk sıfır derecenin altındadır. Keban Baraj Gölü civarında iklim nispeten yumuşaktır. İl toprakları aylarca karla örtülüdür. 2700 m'den yüksek yerler devamlı karlıdır. Senelik yağış miktarı 800 ile 1100 mm arasındadır (URL-3, 2015).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 İstasyonlardan Örneklerin Alınması

Mayıs 2015 tarihinde Uzunçayır Baraj Gölü'nün Aktuluk Bölgesi'nde bulunan Dinar Deresi ile Rabat Deresi arasında kalan alanda olmak üzere üç istasyondan (harita da gösterilmiştir) (Şekil 2.1.) yaklaşık 50 cm boyunda, 25 cm çapında 55 mikron göz açıklığına sahip plankton kepçesi yardımı ile horizontal ve vertikal çekimler yapılarak örnekler toplanmıştır.



Şekil 2.1. Uzunçayır Baraj Gölü istasyonlarının görünümü

Horizontal çekim iki şekilde yapılmıştır: Birincisinde plankton kepçesi gemiden mümkün olduğunca uzağa fırlatılmış ve dikkatli bir şekilde çekilerek örnekler toplanmıştır (Resim 2.1.). İkinci çekimde küçük bir tekne ile seyir halindeyken çekim yapılmıştır (Resim 2.2.). Vertikal çekim için ise yine plankton kepçesi mümkün olduğunca uzağa fırlatılmış ve batması için beklenmiştir. Plankton kepçesi 4 metre derinliğe battıktan sonra yavaş ve dikkatli bir şekilde kepçe yukarıya doğru çekilmiştir (Resim 2.3.). Her bir çekim 10 kez tekrarlanmış ve toplanan algler örnekleme şişelerine alınmıştır (Resim 2.4.).



Resim 2.1. Horizontal plankton çekimi



Resim 2.2.Tekne ile yapılan horizontal plankton çekimi



Resim 2.3.Vertikal çekim



Resim 2.4.Örneklerin şişelenmesi

2.2 Örneklerin Süzülmesi ve Zenginleştirilmesi

Örnekleme şişelerine alınan algler laboratuvara getirilir getirilmez hemen 55 mikronluk plankton bezi ile süzülerek büyük zooplanktondan ve detrituslardan ayrılmıştır (Resim 2.5.). Zooplanktonun fitoplanktonu yemesini engellemek için bu ayırma işlemi çok önemlidir ve zaman kaybetmeden yapılmalıdır. Eğer planktonun toplandığı istasyonlarda yeterli miktarda örnek toplanamazsa izolasyondan önce kültürün besin ortamı ile zenginleştirilmesi gerekir. Yapılan bu çalışmada örnek alınan istasyonlar henüz fazla bir kirliliğe maruz kalmadığı için mikroalglerin yoğun bir şekilde üremesi için gerekli besin ortamları bulunmamaktadır. Bu nedenle süzülen örnekler iki farklı besin ortamında (F/2 ve SWE besin ortamları) kültüre alınarak zenginleştirilmişlerdir.



Resim 2.5.Atık suyun süzülmesi

2.2.1 SWE Besin Ortamı

Aşağıdaki bileşiklerin her biri ayrı ayrı 400 ml saf suda çözdürülerek stok solüsyonlar hazırlanmış ve hazırlanan bu stok solüsyonlardan 10'ar ml alınarak 940 ml saf suya katılmıştır. Bristol solüsyonu için kullanılan bileşikler ve bu bileşiklerin miktarı Tablo 2.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. SWE ortamı

mL	Stok solüsyonu	g/400 mL saf su
10	NaNO ₃	10.0
10	CaCl ₂ .2H ₂ O	1.0
10	MgSO ₄ .7H ₂ O	3.0
10	K ₂ HPO ₄	3.0
10	KH ₂ PO ₄	7.0
10	NaCl	1.0
40	Toprak suyu	40

2.2.2 Toprak Suyunun Hazırlanması

1000 g elenmiş gübresiz bahçe toprağı 2 L suya katılıp karıştırılmış ve bir saat boyunca 1 atmosfer buhar basıncında, 121 °C'de otoklavlanmıştır (Cirik ve Gökpinar, 2008). Otoklavdan çıkarılan toprak suyu 24 saat dinlenmeye bırakılmıştır. 24 saat sonra dipte kalan ince topraklı kısım uzaklaştırılmış ve üstteki sıvı kısım alınarak 4000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. Böylelikle süspansiyon içinde askıda kalan daha ince toprak taneciklerinin de uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen altın sarısı sıvıdan 40 ml alınarak SWE solüsyonuna katılmıştır.

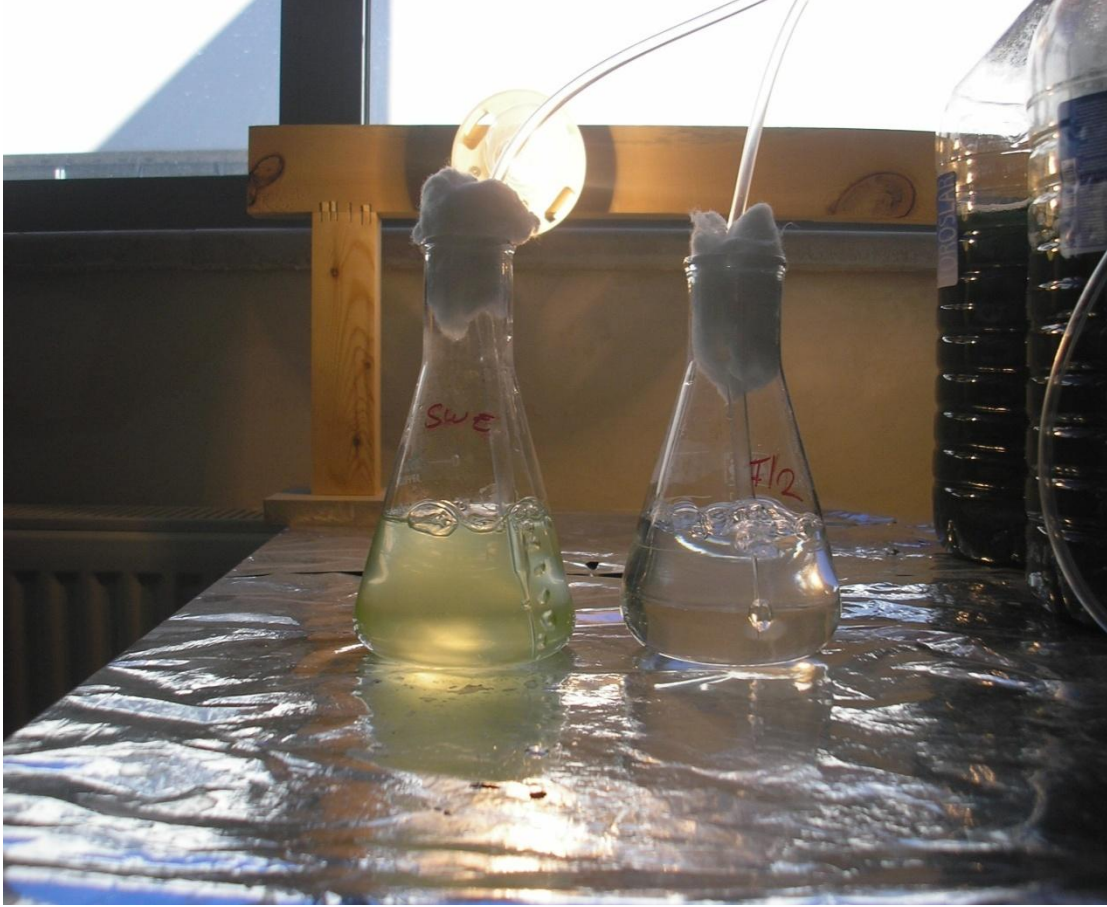
2.2.3 F/2 Besin Ortamı

F/2 besin ortamı hazırlanırken öncelikle F/2 solüsyonu hazırlanmış, daha sonra iz element ve vitamin solüsyonu hazırlanarak F/2 solüsyonuna ilave edilmiştir (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. F/2 besin ortamı

F/2 solüsyonu	
NaNO ₃	75
Na ₂ HPO ₄ .7H ₂ O	5 g
FeCl ₃ .6H ₂ O	3,15 g
Na ₂ EDTA	4,35 g
Iz element solüsyonu	10 ml
Vitamin solüsyonu	0,1 ml
Tatlı su	1000 ml
F/2 iz element solüsyonu	
MnSO ₄ .H ₂ O	18 g
CoCl ₂ .6H ₂ O	1 g
CuSO ₄ .5H ₂ O	1 g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	2,2 g
NaMoO ₄ .2H ₂ O	0,6 g
Saf su	1000 ml
F/2 Vitamin solüsyonu	
Thiamin	2 g
B ₁₂	0,1 g
Biotin	0,1 g
Saf su	1000 ml

Hazırlanan SWE ve F/2 besin ortamları 250 ml'lik erlenlere konularak 121 °C'de 1 atmosfer basınç altında 15 dakika otoklavlanmıştır. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan besin ortamlarına süzülen örnekler ekilmiş ve alglerin üremesi için iki hafta beklenmiştir. İki hafta sonunda besin ortamını kullanan algler izolasyona hazır hale gelmişlerdir (Resim 2.6.).



Resim 2.6. İzolasyon için yoğunlaştırılan algler

2.3 Alglerin İzolasyonu

Alglerin izolasyonu için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar: Filtrasyon, dilüsyon, saf agara ekim, mekanik izolasyondur.

2.3.1 Filtrasyon

Üretimi yapılacak olan algin saflığı çalışmanın kontrollü olması açısından önemlidir. Saf üretim için türün izolasyonu gerekir. Alglerin izolasyonu için bir seri işlem yapılır. Bunlardan ilki filtrasyondur. Filtrasyon ile istenmeyen, daha büyük boyuttaki türlerin ayrılması ve uzaklaştırılması sağlanır. Bu çalışmada filtrasyon işlemi, örnek alınır alınmaz 55 mikronluk plankton bezinden süzülerek yapılmıştır. Bu nedenle ikinci defa filtrasyon işlemi yapılmamıştır.

2.3.2 Dilüsyon

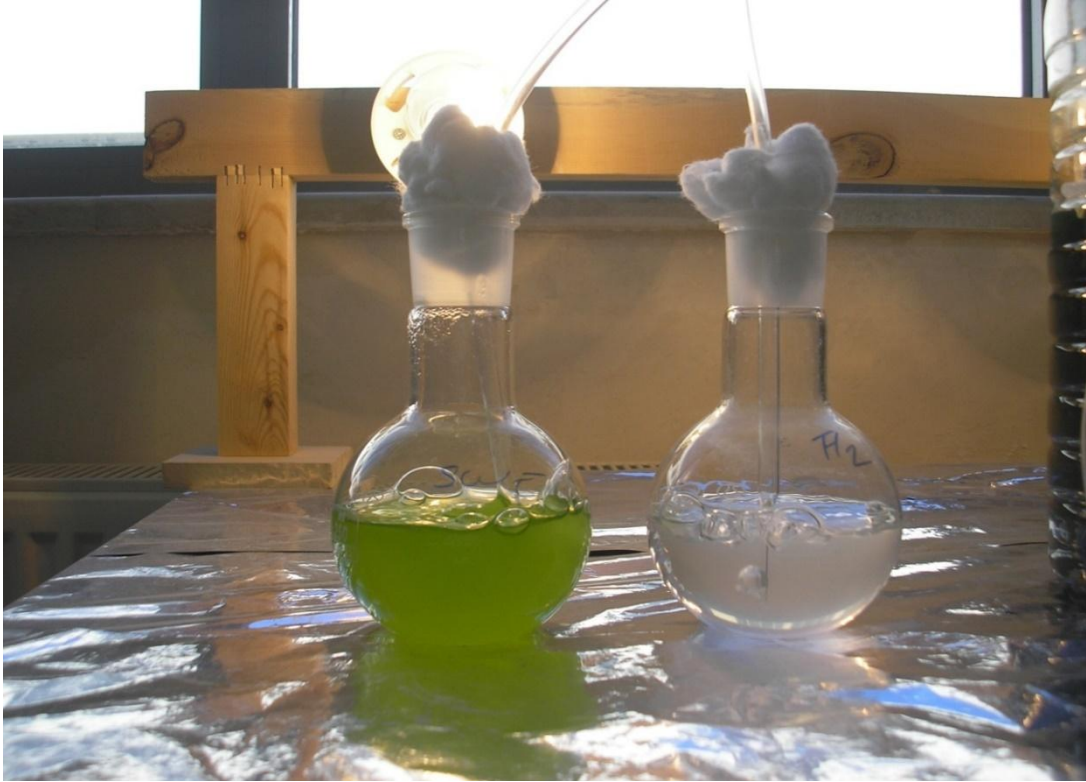
Filtrasyondan sonra yapılacak işlem dilüsyondur. Dilüsyon için 20 ml'lik deney tüplerine, hazırlanan F/2 ve SWE besin ortamlarından 10'ar ml ilave edilmiş ve izolasyon için hazırlanan karışık alg kültüründen 1 ml alınarak ilk deney tüpüne ekim yapılmıştır. Ekim yapılan ilk deney tüpü karıştırıldıktan sonra 1 ml alınarak 2. deney tüpüne ilave edilmiş ve bu işlem 3. ve 4. deney tüpleri için de uygulanmıştır. Dilüsyon işlemi her iki besin ortamı için de aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Alglerin çoğalması için bir hafta beklenmiş ve bir hafta sonra son dilüsyondan alınan örnek mikroskopta incelenmiştir. İnceleme sonucunda alglerin hala tam olarak saf kültür olmadıkları gözlenmiş bu nedenle izolasyonun 3. aşaması olan saf agar kültürüne geçilmiştir.

2.3.3 Saf Agar Kültürü

Saf agar kültürü için yine F/2 ve SWE besin ortamları hazırlanmış ve deney tüplerine 10'ar ml olacak şekilde konulmuştur. Her bir deney tüpüne besin ortamının %1.5 oranında saf agar ilave edilmiş ve agar eriyene kadar ısıtılmıştır. Hazırlanan agarlı besin ortamlarının ağzı pamuk ve alimünyum folyo ile kapatılarak 121 °C'de 1 atmosfer buhar basıncında 15 dakika otoklavlanmıştır. Bu otoklavlama işlemi ile hem besin ortamının sterilizasyonu hem de agarın iyice eriyip karışması sağlanmıştır. Otoklavdan çıkarılan tüpler bekletilmeden yarı yatık halde oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan agarlı besin ortamlarına son dilüsyondan alınan algler öze yardımı ile ekilmiştir. Ekimler steril bir şekilde yapılmıştır. Ekimden sonra alglerin agarlı besin ortamlarında üremesi için iki hafta bekletilmiştir. İki haftanın

sonunda algal koloniler oluşmuştur. Bu koloniler mikroskopta incelenmiş ve istenen koloniler tekrar agarlı besin ortamlarına ekilmiştir. Yine iki hafta beklenmiş ve ardından üreyen algler mikroskopta incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonunda izolasyonu gerçekleştirilen algler F/2 ve SWE besin ortamlarına ekilmiş ve atık suda üretim için çoğaltılmıştır (Resim 2.7.).



Resim 2.7.İzolasyonu yapılan *Chlorella* sp.'nin SWE ve F/2 besin ortamlarında kültürü.

2.3.4 Mekanik İzolasyon

Bu çalışmada mekanik izolasyona ihtiyaç duyulmamıştır.

2.4 Alglerin Atık Suda Kültürü

2.4.1 Atık Su Ortamının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan atık su Tunceli Belediyesi'ne ait atık su arıtma tesisinde ön çökertme işleminin yapıldığı havuzdan alınmıştır (Resim 2.8.). Alınan atık su laboratuvara getirilir getirilmez önce 121 °C'de 1 atmosfer buhar basıncında 15 dakika otoklavlanmış ve ardından kaba filtre ile süzülmüştür. Böylelikle atık suda bulunan bütün mikroorganizmalar temizlenmiştir. Otoklavdan çıkarılan atık su %0, %25, %50 ve %75 distile su ile seyreltilerek besin ortamları hazırlanmıştır. Kontrol grubu için ise F/2 ve SWE besin ortamları kullanılmıştır. Besin ortamları 250 ml'lik erlenlere 150'şer ml konulmuş ve her bir erlene 15 ml alg inoküle edildikten sonra $33.6 \mu\text{mol.foton.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğu bulunan laboratuvarında 20 gün boyunca kültüre alınmışlardır. Havalandırma sürekli olarak yapılmış ve sıcaklık 26 °C'de sabit tutulmuştur (Resim 2.9).



Resim 2.8.Tunceli Belediyesi'ne ait atık su arıtma tesisinde ön çökertme işleminin yapıldığı havuzdan su numunesi alınması



Resim 2.9.Farklı yoğunluktaki atık su ortamında kültüre alınan algler

2.4.2 Biyomas Ölçümü

20 gün boyunca kültürü alınan alglerin günlük olarak optik yoğunlukları UV-spektrofotometrede (Nanno optima) 680 nm dalga boyunda ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Alg hücrelerinin kuru ağırlığını belirlemek için, Whatman GF/C filtre kağıdından süzülen algler iki kez saf su ile yıkandıktan sonra 100 °C'ye ayarlanan etüvde 12 saat boyunca kurutulmuştur (Lee ve ark., 1998). Gravimetrik olarak belirlenen kuru ağırlıklar günlük olarak kaydedilmiştir.

2.4.3 İstatistik Analizler

Çalışmaya ait optik yoğunluk, kuru ağırlık verileri SPSS istatistik programında bulunan ANOVA ile değerlendirilmiş, gruplar arasında istatistik yönünden farklılığın olup olmadığını belirlemek için de Duncan'ın çoklu karşılaştırma metodu uygulanmıştır. Tüm sonuçlar ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 İzolasyonu Yapılan Türler

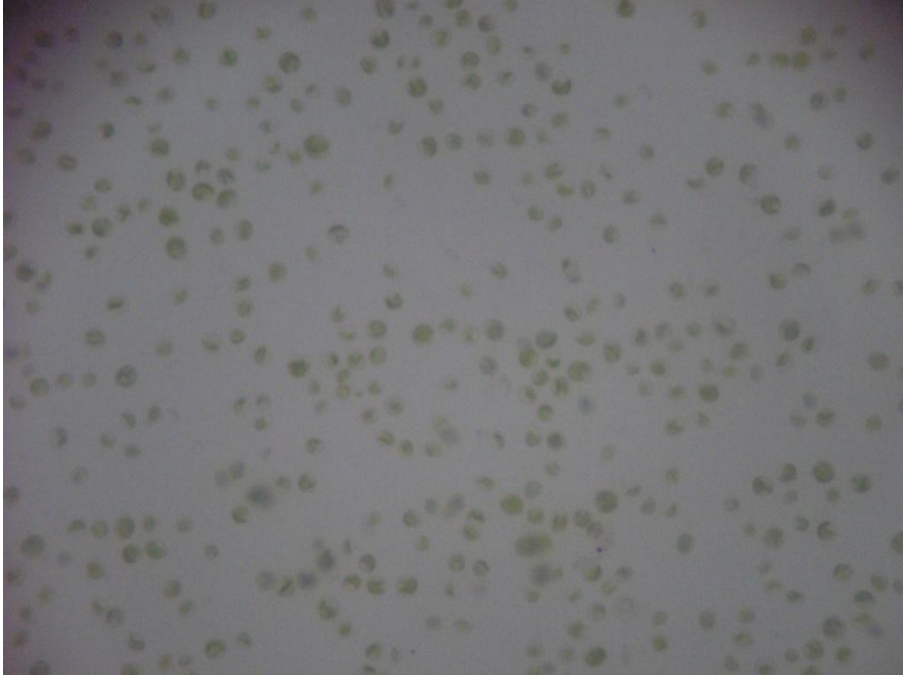
Her bir alg türünün gelişip üreyebilecekleri kendine özgü besin ortamları vardır. İzolasyon çalışmasına başlarken özellikle istenen bir tür var ise besin ortamı o türe göre hazırlanır. Fakat besin ortamı bilinmeyen bir alg türü varsa ve herhangi bir ortamdaki alg türleri izole etmek isteniyorsa birkaç ortam hazırlanır ve her bir ortama ayrı ayrı ekim yapılır. Ekim yapılan besin ortamlarındaki alg türleri incelenir. Her ortamda her alg çoğalmaz. İnceleme sonunda alg türlerinin en iyi ürediği ortamlar belirlenir ve ikinci besin ortamı ona göre hazırlanır. Bu çalışmada tatlı su mikroalglerinin genellikle iyi ürediği SWE ve F/2 besin ortamları hazırlanmıştır. Yapılan incelemelerin sonunda SWE besin ortamında daha çok *Chlorella* sp.'nin, F/2 besin ortamında ise *Coelastrum* sp.'nin daha ağırlıklı olarak ürediği gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmanın seyri bu iki alge göre düzenlenmiştir.

3.1.1 İzole Edilen *Chlorella* sp.

Chlorella genusu Chlorophyceae sınıfı içerisinde yer alan yaklaşık 2-8 mikron çapında küre veya elips şekline sahip tek hücreli bir mikroalg türüdür. Bu genustaki türler küre veya elips şeklindedir. Basit bir hayat devrine sahip olan *Chlorella* autosporlar oluşturarak ürer ve üretimi de kolaydır. Doğal sucul ortamlarda bol miktarlarda bulunmaktadır (Cirik ve Cirik 1999). Yapılan bu çalışmada da SWE besin ortamında yüksek popülasyona sahip olduğu için kolaylıkla *Chlorella* sp.'nin izolasyonu yapılmıştır (Resim 4.1.).

Türün sistematikteki yeri aşağıdaki gibidir:

Phylum: Chlorophyta
Classis: Chlorophyceae
Ordo: Chlorococcales
Familia: Oocystaceae
Genus: Chlorella



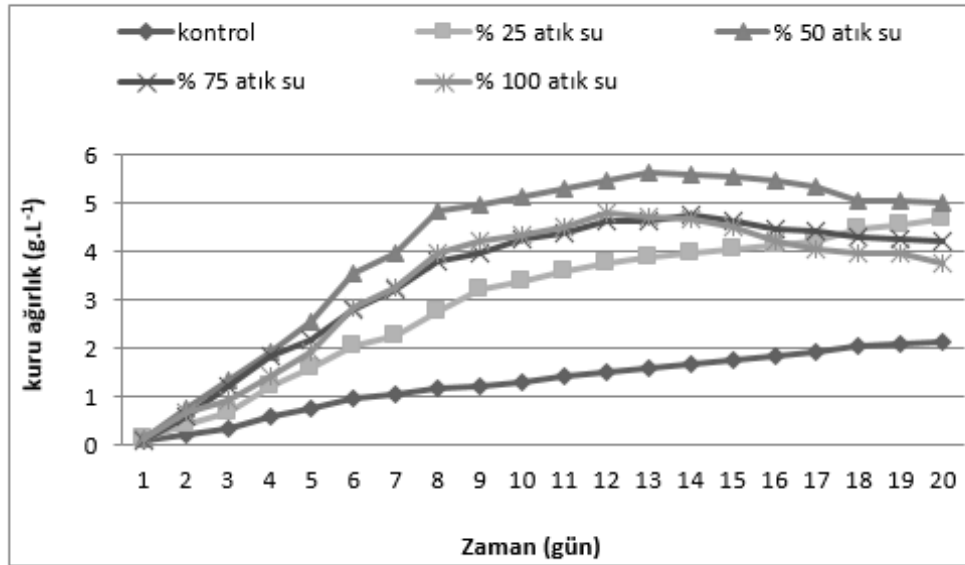
Resim 3.1. *Chlorella* sp.'nin mikroskobik görüntüsü

3.1.2 İzole Edilen *Chlorella* sp.'nin Yoğunlaştırılması

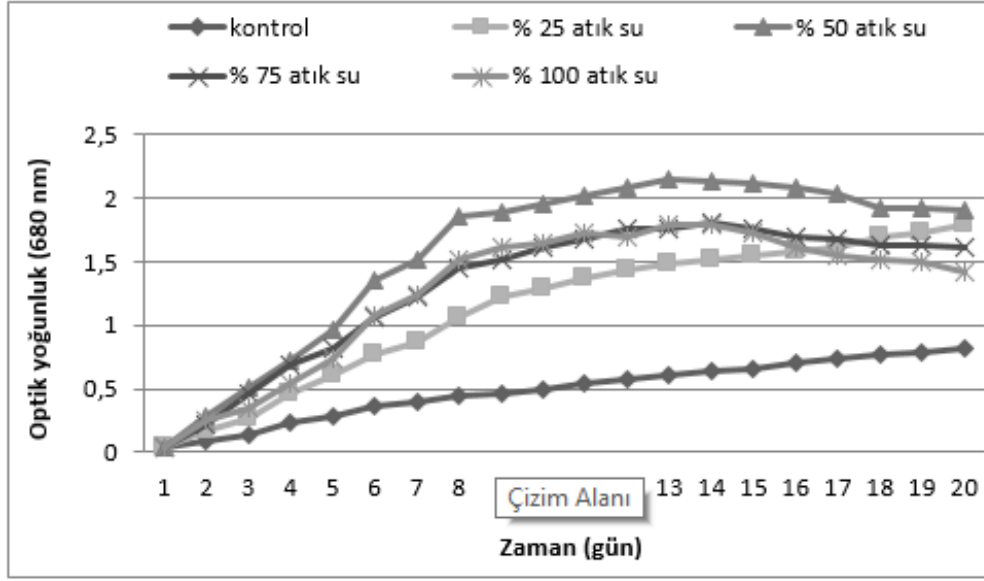
Chlorella sp.'nin izolasyonu yapıldıktan sonra alg atık suda üretilmeye başlamadan önce yoğun kültüre alınmıştır. Yoğun kültür için algin iyi ürettiği SWE ortamı kullanılmıştır. SWE besin ortamına ekilen alger bir hafta sonra yoğunlaşarak ekime hazır hale gelmiştir.

3.1.3 *Chlorella* sp.'nin Atık Suda Kültürü

Chlorella sp. bir haftalık yoğunlaştırma evresinden sonra %0, %25, %50 ve %75 distile su ile seyreltilerek hazırlanmış ve otoklavlanmış olan dört farklı yoğunluktaki atık suya 1/10 oranında ekilmiştir. Kontrol grubu için SWE besin ortamı kullanılmıştır. 20 günlük deneme sırasında günlük olarak ölçülen optik yoğunluk ve kuru ağırlık değerleri Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı atık su konsantrasyonlarda kültüre alınan *Chlorella* sp.'nin günlük optik yoğunluk değerleri (680 nm)



Şekil 3.2. Farklı atık su konsantrasyonlarda kültüre alınan *Chlorella* sp.'nin günlük kuru ağırlık değerleri ($\text{g.L}^{-1}.\text{gün}^{-1}$)

Çalışmaya ait optik yoğunluk ve kuru ağırlık verileri SPSS istatistik programında bulunan ANOVA ile değerlendirilmiş, gruplar arasında istatistik yönünden farklılığın olup olmadığını belirlemek için de Duncan'ın çoklu karşılaştırma metodu uygulanmıştır. Tüm sonuçlar ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir (Tablo 4.1.).

Tablo 3.1. Optik yoğunluk ve kuru ağırlık ile ilgili istatistiksel veriler

Gruplar	Optik yoğunluk	Kuru ağırlık
Kontrol	$0.4871^c \pm 0.3164$	$1.2804^c \pm 0.0832$
%25 atık su	$1.1224^b \pm 0.7203$	$2.9501^b \pm 0.1895$
%50 atık su	$1.5699^a \pm 0.9536$	$4.1264^a \pm 0.2507$
%75 atık su	$1.3045^b \pm 0.7156$	$3.4291^b \pm 0.1881$
%100 atık su	$1.2713^b \pm 0.7553$	$3.3416^b \pm 0.1986$

^{a,b} harfleri aynı sütun içindeki farklılıkların istatistiksel önemliliğini göstermektedir ($p < 0.05$)

Tablo 4.1.'deki verilere bakıldığında %50 atık su, %50 saf su ile hazırlanan besin ortamına ekilen alglerin biyomas bakımından en verimli grup olduğu gözlenmiştir. %25, %75 ve %100 atık su ile hazırlanan besin ortamlarında ise istatistiki açıdan bir fark gözlenmemiştir. Kontrol grubu ise diğer dört gruptan daha az gelişme göstermiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada hem kontrol grubunda hem de farklı konsantrasyonlarda atık su içeren besin ortamlarında logaritmik büyüme fazının 18. güne kadar sürdüğü 18. günden sonra durağan faza geçtiği tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar da alglerin belli bir süre daha hızlı büyüme gösterdiği sonrasında ise bu büyümenin yavaşladığı ve durduğu bildirilmiştir (Martínez ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2011).

Alglerin büyümesi esnasında aydınlatma, sıcaklık, pH gibi ortam faktörlerinden biri bozulduğunda ya da besin ortamındaki maddelerden biri eksildiğinde büyümenin sınırlanacağı rapor edilmiştir (Goldman ve ark., 1981; Evers, 1991). En iyi biyomas artışının %50 oranında seyreltilerek içindeki besin miktarı azaltılan grupta olduğu tespit edilmiştir. *Botryococcus braunii* ile yapılan bir çalışmada (Seyhaneyildiz Can ve ark., 2013b), bu oran %100 olarak tespit edilmiş olup bu farklılık türe özgü özellikler ile atık su içeriğine bağlı olarak değişebilmektedir. Işık geçirgenliği ve ortamdaki organik ve inorganik maddelerin oranlarının da alg gelişimini sınırlandırması olasıdır. Ortamdaki besin miktarının azalmasıyla birlikte biyomas artışının azaldığı ve lipit miktarının biyomasa ters orantılı olarak arttığı daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Tedesco ve Duerr 1989). Geniş ölçekli alg üretimi için en uygun besin ve ucuz kaynak olarak sanayi, belediye ve tarımsal atık sular gelmektedir. Algler, atık sularda nutrientler, ağır metaller, pestisitler, organik ve inorganik toksinler, radyoaktif maddeler gibi doğal ortam için tehlikeli kirleticileri giderme yetenekleriyle, atık su arıtımında yaygın olarak kullanılan organizmalar arasında önemli bir yere sahiptir. Alglerin radyoaktif materyalleri vücutlarında toplama yeteneğinin anlaşılmasından sonra, atık suların biyolojik arıtımındaki önemleri daha da artmıştır.

Chlorella ve Dunaliella gibi mikroalglerin atık su arıtımında kullanılmak sureti ile yoğun kültürlerinin yapılmasının tarihi 75 yıl öncesine dayanmaktadır. Palmer (1969) 165 farklı araştırmacının da bildirdiği gibi organik kirleticilere toleranslı olan mikroalglerin listesini yapmıştır. Bu listede 60 cins ve 80 tür bulunmaktadır. Bunların en toleranslı 8 türü Euglena, Oscillatoria, Chlamydomonas, Scenedesmus, Chlorella, Nitzschia, Navicula ve Stigeoclonium olarak tespit edilmiştir (Abdel-Rauf ve ark., 2012).

Alg üretimi esnasında maliyeti arttıran en önemli faktör besin hammaddeleridir. Mikroalg üretimi evsel ve endüstriyel karbondioksit kaynaklarından gelen atık sular ile

entegre edilebilir. Bu nedenle, atık sularda alg üretimi hem çevreyi kirletici bir etken ortadan kaldıracak hem de alg üretimi için pahalı kimyasalların kullanılmasını engelleyecektir. Ayrıca son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyoyakıtların üretilmesinde alglerin de kullanılabilirdiği ön plana çıkmıştır. Fakat bu konudaki en büyük sıkıntı algleri üretirken gereken kimyasalların pahalı oluşu üretimi ekonomik olmaktan uzaklaştırmaktadır. Oysa atık su arıtımı ve biyodizel eldesi alg kültürü ile sinerji oluşturabilme potansiyeline sahip görünmektedir. Bu tezde, Uzunçayır Baraj Gölü Aktuluk Bölgesi'ndeki farklı istasyonlardan, bazı alg türlerinin izolasyonu ve kültürü ile arıtma amaçlı kullanımı hedeflenmiştir. Bu şekilde koleksiyona dâhil edilen *Chlorella* sp.'nin atık su arıtımında kullanımı belirlenmiş ve diğer pek çok bilim dallarının kullanımına sunulmuştur.

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler atık suyu, alglerin kültür ortamı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuş olup, ileride yapılacak olan çalışmalara bir ön hazırlık teşkil etmektedir. Aynı zamanda bu tez çalışması, Uzunçayır Baraj Gölü'nde bulunan alglerin atık su arıtımında kullanım potansiyellerini belirlemeye yönelik yapılan ilk çalışma özelliği taşımaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem, I.B.M.,** 2012. Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19:257–75.
- Allen, E.J., Nelson, E.W.,** 1910. On the artificial culture of marine plankton organisms. *Journal of The Marine Biological Association UK*, 8:421-474.
- Andersen, R.A., Preisig, H.R.,** 2005. Historical review of algal culturing techniques. in *Algal Culturing Techniques*, pp. 1-13, Ed. Andersen R.A., Elsevier Academic Press, California.
- Anonim,** Su ürünleri sektör raporu. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, Antalya, Isparta, Burdur, 2012.
- Arceivala, S.J.,** 1973. Simple waste treatment methods in warm and temperate climates. Middle East Technical University, Ankara, 156s.
- Başbüyük, M., Yüceer, A., Yılmaz, T.,** 1998. Tekstil atık sularında renk giderilmesinde kullanılan ileri teknolojiler, *I. Atık Su Sempozyumu*, Kayseri, 82-87.
- Bayrak, E.H.,** 2008. Atık suların arıtımında yapay sulak alan kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 101s.
- Beijerinck, M. W.,** 1890. Culturversuche mit zoochlorellen, lichenengonidien und anderen niederen algen. *Bot. Zeitung*, 48:725–85.
- Boztuğ, D., Dere, T., Tayhan, N., Yıldırım, N., Danabaş, D., Cıkcıkoğlu Yıldırım, N., Öztüfekçi Önal, A., Danabaş, S., Ergin, C., Uslu, G., Ünlü, E.,** 2012. Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) fiziko-kimyasal özellikleri ve su kalitesinin değerlendirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (2):93-106.
- Cing, S.,** 2001. Tekstil boyalarının renginin giderilmesinde mikroorganizma kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 81s.
- Cirik, S., Cirik, Ş.,** 1999. Su bitkileri (Deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi, yetiştirme teknikleri). Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, 188s.
- Cirik, S., Gökpınar, Ş.,** 2008. Tıbbi algler. *Kanser Sempozyumu*, 17-19 Nisan 2008, İzmir.
- Cohen, Z.,** 1999. Chemicals from microalgae. Taylor & Francis, London, 419s.
- Cohn, F.,** 1850. Nachträge zur naturgeschichte des protococcus pluvialis kützing (*Haematococcus pluvialis* Flotow). *Nov. Act. Leop. Carol.*, 22(2):605–764.

- Craggs, R.J., McAuley, P.J., Smith, V.J.,** 1997. Wastewater nutrient removal by marine microalgae grown on a corrugated raceway. *Water Research*, 31 (7):1701–1707.
- Craggs, R.J., Heubeck, S., Lundquist, T.J., Benemann, J.R.,** 2011. Algal biofuels from wastewater treatment high rate algal ponds. *Water Science and Technology*, 63:660–665.
- Çiftçi, H., Kaplan, Ş.S., Köseoğlu, H., Karadağ, E., Kitiş, M.,** 2007. Yapay sulak alanlarda atık su arıtımı ve ekolojik yaşam. *Kayseri Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23:149-160.
- Eltem, R.,** 2001. Atık sular ve arıtım. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, No: 172, İzmir, 188s.
- Eltem, R.,** 2008. Atık sular ve arıtım. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No: 172, İzmir, 177s.
- Evers, C.W.,** 1992. Ethics and ethical theory in educative leadership: A pragmatic and holistic approach. in *Educative Leadership: A Practical Theory for New Administrators and Managers*, pp. 21-44, Eds. Duignan, P.A. & Macpherson, R.J.S., The Falmer Press, London.
- Famintzin, A.S.,** 1865. Die wirkung des lichtetes auf das engrünen der pflanzen. *Bull. Acad. Imperial Sci.*, 6:45–48.
- Forgacs, E., Cserhati, T., Oros, G.,** 2004. Removal of synthetic dyes from wastewaters: A review. *Environment International*, 30: 953–971.
- Grobbelaar, J.U., Soeder, D.J., Stengel, E.,** 1990. Modeling algal production in large outdoor cultures and waste treatment systems. *Biomass*, 21:297-314.
- Goldman, L., Hashimoto, B., Cook, F.E., Loscalzo, A.,** 1981. Comparative reproducibility and validity of systems for assessing cardiovascular functional class: Advantages of a new specific activity scale. *Circulation, Journal of the American Heart Association*, 64 (6): 1227- 1234.
- Gül, Ü.D.,** 2010. Atık suların biyolojik arıtımına surfaktanların etkisinin belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 119s.
- Jacobsen, H. C.,** 1910. Kulturversuche mit einigen niederen Volvocaceen. *Zeitschr. Bot.* 2:145–88.
- Jiang, X., Hu, Y., Bedell, J.H., Xie, D., Wright, A.L.,** 2011. Soil organic carbon and nutrient content in aggregate-size fractions of a subtropical rice soil under variable tillage. *Soil Use and Management*, 27: 28–35.
- Klebs, G.,** 1896. Die bedingungen der fortpflanzung bei einigen algen und pilzen. G. Fischer, Jena, Germany.

- Krasnovsky Jr., A. A.,** 2003. Chlorophyll isolation, structure and function: Major landmarks of the early history of research in the Russian Empire and the Soviet Union. *Photosynthesis Research*, 76:389–403.
- Kosaric, N., Velikonja, J.,** 1995. Liquid and gaseous fuels from biotechnology: Challenge and opportunities. *FEMS Microbiology Reviews*, 16 (195): 111-142.
- Kuznetsov, V. V., Strogonov, B. P.,** 1995. The patriarch of Russian plant physiology (On the 160th birthday of academician Faminzin, A. S.). *Russian Journal of Plant Physiology*, 42:297–302.
- Küçükyılmaz., M.G., Uslu, N., Birici, N., Örnekçi, G., Yıldız, N., Şeker, T.,** 2010. Karakaya Baraj Gölü su kalitesinin incelenmesi. *International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium*, 26-28 Ekim 2010, Konya.
- Laliberte, G., Proulx, D., De Pauw, N., De La Noüe, J.,** 1994. Algal technology in wastewater treatment. in *Advances in Limnology*, pp. 283-382, Eds. Kauschand, H. & Lampert W., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Lee, S.L., Yoon, B.D., Oh, H.M.,** 1998. Rapid method for the determination of lipid from the green alga *Botryococcus braunii*. *Biotechnology Techniques*, 12:553–556.
- Margulis, L., Dolan, M.F.,** 2002. Early life, evolution on the precambrian earth. Johns and Bartlett Publishers, London, 169s.
- Martínez, M.E., Sánchez, S., Jiménez, J.M., El Yousfi, F., Muñoz, L.,** 2000. Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga *Scenedesmus obliquus*. *Bioresource Technology*, 73(3):263–272.
- McHugh, D.J.,** 2003. A guide to the seaweed industry. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 103s.
- Nakajima, A., Horikoshi, T., Sakaguchi, T.,** 1981. Studies on the accumulation heavy metal elements in biological system: XVII. Selective accumulation of heavy metal ions by *Chlorella vulgaris*. *European Journal of Applied Microbiology Biotechnology*, 12:76-83.
- Oswald, W.J.,** 1988. Microalgae and wastewater treatment. in *Microalgal Biotechnology*, pp. 357-94, Eds. Borowitzka M.A. & Borowitzka L.J., Cambridge University Press, New York.
- Özmihçı, S., Kargı, F.,** 2004. Toz aktif çamurun değişik boyar maddelerin gideriminde biosorpsiyon performansının değerlendirilmesi. *I. Ulusal Çevre Kongresi*, Sivas, 13-15 Ekim 2004, s. 479-486.
- Palmer, C.M.,** 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.*, 5:78–82.

- Park, J.B.K., Craggs, R.J., Shilton, A.N.,** 2011. Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production. *Bioresource Technology*, 102:35–42.
- Perkins, W.S., Walsh, W.K., Reed, I.E., Namboodri, C.G.,** 1995. A demonstration of reuse of spent dyebath water following color removal with ozone. *Textile Chemist and Colorist*, 28:31-37.
- Pringsheim, E. G.** 1912. Kulturversuche mit chlorophyllführenden mikroorganismen. Mitt. I. die kultur von algen in agar. *Beitr. Biol. Pfl.*, 11:305–34.
- Richmond, A.,** 1986. Microalgae of economic potential. in *Handbook of Microalgal Mass Culture*, pp. 200–202, Ed. Richmond, A., CRC Press, Florida.
- Richmond, A., Becker, E.W.,** 1986. Technological aspects of mass cultivation, a general outline. in *Handbook of Microalgal Mass Culture*, pp. 245–63, Ed. Richmond, A., CRC Press, Florida.
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., Nigam, P.,** 2001. Remediation of dyes in textile effluent: A critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology*, 77:247-255.
- Sadettin, S., Dönmez, G.,** 2007. Simultaneous bioaccumulation of reactive dye and chromium (vi) by using thermophil *Phormidium* sp. *Enzyme and Microbial Technology*, 41:175–180.
- Seyhaneyıldız, Ş., Cirik, S., Turan, G.,** 2007. Yenilenebilir biyodizel kaynağı: *Botryococcus braunii*. *Su Ürünleri Federasyonu Dergisi, Aquaculture and Fisheries*, 7:32-34.
- Seyhaneyıldız Can, Ş., Koru, E., Cirik, S.,** 2013a. Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Botryococcus braunii* and biodiesel production. *Elixir BioDiversity*, 59:15581-15586.
- Seyhaneyıldız Can, Ş., Demir, V., Aslan Korkmaz, Ş., Can, E.,** 2013b. Treatment of domestic waste water with *Botryococcus braunii* (Chlorophyceae). *Journal of Food, Agriculture, Environment*, 11:2128-2130.
- Seyhaneyıldız Can, Ş., Demir, V., Can, E.,** 2015. Evaluating the dilution of municipal wastewater on biomass increase, lipid production and nutrient removal by the blue-green algae *Spirulina platensis* (Geitler). *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (3a): 904-909.
- Slokar, Y.M., Marechal, A.M.L.,** 1998. Methods of decoloration of textile wastewaters. *Dyes Pigments*, 37:335–356.
- Soran, H.,** 1992. Bitkilerin atık su arıtımında kullanılması. *H.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7:261-267.

- Sturm, B.S.M., Lamer, S.L.**, 2011. An energy evaluation of coupling nutrient removal from wastewater with algal biomass production. *Applied Energy*, 88:3499–3506.
- Şen, B., Koçer, M.A.T., Alp, M.T., Sönmez, F., Yıldırım, V.**, 2003. Alglerin atık su arıtımında kullanılması. *XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, 2-5 Eylül 2003, Elazığ.
- T.C. Resmi Gazete**, Su kirliliği kontrol yönetmeliği. 31.12.2004, 25687.
- Tedesco, M.A., Duerr, E.O.**, 1989. Light, temperature and nitrogen starvation effects on the total lipid and fatty acid content and composition of *Spirulina platensis* UTEX 1928. *Journal of Applied Phycology*, 1:201-209.
- Ting, Y.P., Lawson, E., Prince, I.G.**, 1989. Uptake of cadmium and zinc by alga *Chlorella vulgaris*: Part I. Individual ion species. *Biotechnology and Bioengineering*, 34:990-99.
- Tredici, M.R., Margheri, M.C., Zittelli, G.C., Biagiolini, S., Capolino, E., Natali, M.**, 1992. Nitrogen and phosphorus reclamation from municipal wastewater through an artificial food-chain system. *Bioresource Technology*, 42(3):247–253.
- URL-1**, 2010. [www.biotecharticles.com/Environmental Biotechnology Article/Methods-of Wastewater-Treatment-353.html](http://www.biotecharticles.com/Environmental%20Biotechnology%20Article/Methods-of-Wastewater-Treatment-353.html).
- URL-2**, 2009. www.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=218, The official web site of state water works government, 16 Eylül 2009.
- URL-3**, 2015. www.cografya.gen.tr/tr/tunceli/iklim.html. 20 Aralık 2015.
- Van't Hoff, J. H.**, 1905. Zur bildung der ozeanischen salzablagerungen. F. Vieweg, Braunschweig, Germany.
- Wikfors, G.H., Ukeles, R.**, 1982. Growth and adaptation of estuarine unicellular algae in media with excess copper, cadmium and zink and effect of metal contaminated algal food on *Crassostrea virginica* larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 7:191-206.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Osmaniye'nin Kadirli ilçesinde doğdu. İlköğretim Adana'nın Kozan İlçesi'nde tamamladı. Ortaöğretim ve lise eğitimini Kadirli'de tamamladı. 2003 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde lisans eğitimine başlamış ve 2008 yılında mezun olmuştur. 2014 yılında Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başlamış ve halen öğrenimine devam etmektedir.