

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEZBAHA ATIKSULARININ MİKROALG İLE  
ARITILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**MERVE HAZAL METİN**

**KOCAELİ 2019**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

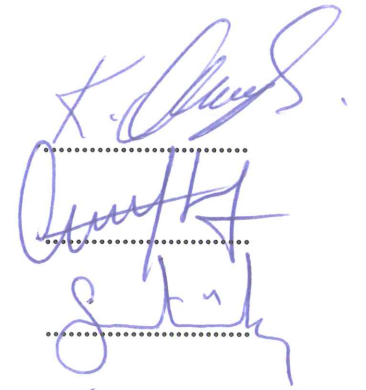
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEZBAHA ATIKSULARININ MİKROALG İLE  
ARITILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

MERVE HAZAL METİN

Dr.Öğr.Üyesi Kadriye OKTOR  
Danışman, Kocaeli Üniv.  
Doç.Dr. Ayla Arslan  
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.  
Doç.Dr. Elif İNCE  
Jüri Üyesi, Gebze Teknik Üniv.



Handwritten signatures of the jury members and advisor, including Kadriye OKTOR, Ayla Arslan, Elif İNCE, and Merve Hazal Metin.

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.07.2019

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans öğrenim süresi boyunca benden desteğini, sabrını, ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübelerini her daim aktaran kıymetli danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Kadriye OKTOR'a,

Gerekli analizlerin yapılması için laboratuvar kullanımlarında yardımlarını esirgemeyen Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Bioteknoloji Laboratuvarı sorumlusu Sayın Dr. Öğretim Üyesi Nurcan KAPUCU'ya Mikroalg ekim aşamalarındaki desteğinden dolayı Dr. Togayhan KUTLUK'a, mezbaha atıksuyu numunesi teminindeki yardımından dolayı Çevre Mühendisi Gökçe ERSOY'a,

Analiz Uzmanı olarak çalıştığım Universal Yazılım A.Ş. Ailesine ve değerli yöneticim Sayın Beslan ÇELİKCAN'a,

Her zaman yanımda olduklarını hissettiğim sevgili arkadaşlarım; Dr. Abdülaziz AYSEL'e, Mimar Nida FAKİR'e, Çevre Mühendisleri Evin ÖLMEZ ve Şehriban ZEYBEK'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Ali BİÇER'e, Öğretim Üyesi Emrah ASLAN'a ve Bilgisayar Mühendisi Kübra DURUS'a,

Hayatım boyunca varlıkları ile bana güç veren, maddi ve manevi her türlü olanağı sağlayan, her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz-2019

Merve Hazal METİN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
GİRİŞ .....	1
1. GENEL BİLGİLER .....	2
1.1. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi .....	2
1.2. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu .....	5
1.3. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksu Deşarj Limitleri.....	6
1.4. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksularının Çevresel Etkileri .....	7
1.5. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksularının Arıtımı .....	9
1.5.1 Arıtma yöntemleri .....	11
2. MİKROALGLER.....	13
2.1. Mikroalglerin Büyümesine Etki Eden Faktörler .....	18
2.1.1. Sıcaklık.....	18
2.1.2. Işık.....	19
2.1.3. Karbondioksit .....	20
2.1.4. pH.....	20
2.1.5. Karıştırma.....	21
2.1.6. Besin.....	21
2.1.7. Tuzluluk .....	21
2.1.8. Biyolojik faktörler .....	22
2.2. Mikroalglerin Üretim Sistemleri .....	22
3. MATERYAL METOD .....	24
3.1. Kültüre Alınan Mikroalg Türü .....	24
3.2. Aşılama Yapılan Kültür Ortamı .....	25
3.3. Atıksu Temini ve Karakterizasyonu .....	26
3.4. Deneysel Çalışmalar .....	27
3.4.1. Mikroalg Kültivasyonu.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	32
KAYNAKLAR .....	33
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	33
ÖZGEÇMİŞ .....	38

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Mezbaha ve entegre tesisi üretim şeması örneği.....	4
Şekil 1.2. Mezbaha endüstrisi biyolojik arıtım proses örneği.....	11
Şekil 2.1. Mikroalglerin içeriğine bağlı olarak elde edilen ürünler .....	17
Şekil 2.2. Bazı türlere ait sıcaklık toleransları–kültür sıcaklık değer aralıkları .....	19
Şekil 3.1. Chlorella Esp-6 'nin mikroskopik görüntüsü .....	24
Şekil 3.2. Atıksu numunesinin alımı .....	27
Şekil 3.3. Numunelerin hazırlanışı.....	28
Şekil 3.4. Mikroalg ekimi düzeneği .....	28
Şekil 3.5. 1.gün deney düzeneği.....	29
Şekil 3.6. 10. gün deney düzeneği.....	30
Şekil 3.7. 21.gün deney düzeneği.....	30

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Mezbaha atıksuyu parametreleri.....	6
Tablo 1.2. Et entegre tesisinde üretim adımından sonraki atıksu karakterizasyonu ....	7
Tablo 2.1. Bazı mikroalg türlerindeki bileşenlerin yüzdelik oranları .....	15
Tablo 2.2. Bazı mikroalg türlerin ışık şiddetleri ve fotoperiyotları .....	20
Tablo 3.1. BG-11 besi ortamında kullanılan kimyasal maddeler.....	25
Tablo 3.2. Ham atıksu karakterizasyonu.....	26
Tablo 4.1. Çıkış suyu analiz sonuçları .....	31
Tablo 4.2. Çıkış suyu analiz sonuçlarının verim hesabı.....	31
Tablo 4.3. SKKY mezbaha ve entegre et tesisleri sınır değerleri .....	31

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C : Karbon  
CO<sub>2</sub> : Karbondioksit  
H : Hidrojen  
N : Azot  
O : Oksijen  
°C : Santigrad derece

### Kısaltmalar

AKM : Askıda Katı Madde  
BOİ : Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı  
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
SKKY : Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği  
TN : Toplam Azot  
TP : Toplam Fosfor

## MEZBAHA ATIKSULARININ MİKROALG İLE ARITILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

### ÖZET

Bu çalışmada, mezbaha atıksuyunun mikroalg (Chlorella Esp-6) ile arıtılabilirliği araştırılmıştır. Mezbahalar küçükbaş ve büyükbaş hayvan kesim işleminin yapıldığı işletmelerdir. Mezbaha atıksuları koyu renkli, kokulu ve yüksek kirliliğe sahip atıksulardır. Günümüzde birçok mezbaha işletmesi atıksuyu, arıtmaya gerek duymadan deşarj etmektedir. Doğa ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen bu işlem aynı zamanda merkezi atıksu arıtma tesislerinin verimliliğini de etkilemektedir. Çalışmada mikrolalglerin besin emilimi özelliğinden yararlanılarak kirlilik parametrelerinden KOI, TN, TP giderimi incelenmiştir. Atıksu farklı oranlarda (0-20-30%) şebeke suyu ile seyreltilerek besi ortamı haline getirilmiştir. En yüksek KOI, TN, TP giderimine 0% ortamda ulaşılmıştır. Chlorella Esp-6 mikroalgi için mezbaha atıksuyunda seyreltmeye gerek olmadan nütrient giderimi maksimum gerçekleşmiş ve SKKY (Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği) sınır değerlerini sağladığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Arıtılabilirlik, Biyolojik Arıtım, Chlorella Esp-6, Mezbaha Atıksuyu, Mikroalgler.

## **INVESTIGATION OF TREATABILITY WITH MICROALGAE OF SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER**

### **ABSTRACT**

In this study, the treatability of microalgae (Chlorella ESP-6) for Slaughterhouse wastewater has been investigated. Slaughterhouses are large and small cattle slaughtering operations. Slaughterhouse wastewaters are dark colored, odorous and highly polluted wastewaters. Today, many slaughterhouse enterprises discharge wastewater without the need for treatment. This process, which adversely affects nature and human health, also affects the efficiency of central wastewater treatment plants. In this study, the removal of COD, TN, TP from pollution parameters was investigated by using nutrient absorption properties of microalgae. The effluent was diluted to various ratios (0-20-30%) with tap water to make a nutrient media. The highest COD, TN, TP removal were achieved at 0% medium. As a result, for the Chlorella Esp-6 microalgae, nutrient removal was maximized without the need for dilution in slaughterhouse wastewater and the limit values of the WPCR (Water Pollution and Control Regulation) were observed.

**Keywords:** Treatability, Biological Treatment, Chlorella Esp-6, Slaughterhouse Wastewater, Microalgae.

## **GİRİŞ**

Dünya genelinde özellikle ülkemizde çevre kirliliği, çevrenin ve toplumun sağlığı için tehdit oluşturmaya başlamıştır. Bu durum çevre yasalarının yükümlülüklerini arttırmış ve uygulama aşamalarının daha katı kurallar çerçevesinde kontrol edilmesine neden olmuştur. Kirliliğin artması sağlık, çevre, ekonomi gibi birçok sektörün çalışma düzenini bozmuş olup kalkınma ve ilerleme çalışmalarını aksatmaktadır.

Günümüzde, tatlı suyun stratejik önemi her zamankinden daha fazla evrensel olarak tanınmakla birlikte ve sürdürülebilir su yönetimi ile ilgili konular dünyanın her yerinde neredeyse her bilimsel, sosyal ya da politik gündem haline gelmiştir. Kirlilik artışı, sanayileşme ve hızlı ekonomik gelişme, dünyanın birçok yerinde su kaynaklarının mevcudiyeti ve kalitesi ile ilgili ciddi riskler getirmektedir. (Abdel-Raouf, Al-Homaidan ve Ibraheem, 2012).

Kirlilik, doğal olarak meydana gelen maddelerin konsantrasyonları arttığında veya doğal olmayan sentetik bileşiklerin (ksenobiyotikler) çevreye salındığında ortaya çıkan bir durumdur. Evsel, tarımsal ve endüstriyel su aktiviteleri sonucu çevrenin organik ve inorganik kirlenmesine neden olmaktadır (Ting ve ark., 2017).

Tez çalışmasının konusu yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan mikroalglerle, mezbaha atıksuyunun arıtılabilirliğinin araştırılması, değerlendirilmesidir. Çalışma kapsamında mezbaha atıksularında yeşil mikroalgler grubuna ait olan *Chlorella Esp-6* ile KOİ, TN, TP giderimi araştırılmıştır.

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi

Modern sanayileşme artışı ve ekonomik küreselleşmenin hızla gelişmesi, çeşitli endüstriyel faaliyetlerden tahliye edilen büyük miktardaki endüstriyel atık suyun büyük bir çevresel tehdit haline gelmesine neden olmaktadır.

Mezbahalar ve et ürünleri endüstrisi; küçükbaş ve büyükbaş hayvanların kesimlerinin yapıldığı, daha küçük parçalar haline getirildiği, çeşitli et ürünlerinin üretimi için ayırımının yapıldığı, kesim sonucunda ortaya çıkan ürünlerin başka alanlarda değerlendirilerek çeşitli yan ürünler elde edildiği ya da edilmesi için ön çalışmalarının yapıldığı tesislerdir (Çevre Bakanlığı, 1996).

Mezbahalar sadece hayvan kesiminin gerçekleştirildiği, et endüstrisine göre daha küçük yapılı ve karmaşık olmayan kesimhanelerdir. Mezbahalarda kesilen hayvanların derisi yüzülerek sakatatlar ayıklanmakta ve karkas elde edilmektedir. Yüzülen deri yıkandıktan sonra tuzlanmakta ve tabaklama faaliyeti yapan yerlere gönderilmektedir. Tüketilebilir olan sakatatlar temizlenerek yiyecek olarak satılabilir hale getirilir. Yenilmeyen sakatatlar, kan, kemik, yağ gibi diğer atıklar ise rendering prosesine yollanmaktadır (Özyonar, 2011).

Et ürünleri endüstrisinde mezbahalarda yapılan tüm işlemlerle birlikte et işleme ve rendering prosesleri de yer almaktadır. Bu işlemlere ilave olarak sabun yapımı ve ilaç endüstrisinde kullanılan çeşitli maddeler, hayvan yemleri, dondurulmuş yağ başlıca örnekleridir. Bu işlemlerin ön hazırlığının yapıldığı yerlere ağıllar ve soğuk hava depoları da eklendiğinde endüstri içeriği tamamlanmaktadır (Özcan, 2001).

Birincil Temel Ürünler;

1. Dondurulmuş et ürünleri
2. Taze et ürünleri
3. İşlenmiş et ürünleri

### 3.1. Parça halinde işlenmiş et ürünleri

#### 3.1.1. Konserve ürünler

#### 3.1.2. Pastırma ve füme etler

### 3.2. Kuşbaşı ve kıyma büyüklüğünde işlenen et ürünleri

#### 3.2.1. Sucuk

#### 3.2.2. Kavurmalar

### 3.3. Kıyma halinde parçalanarak üretilen diğer et ürünleri

#### 3.3.1. Köfte

#### 3.3.2. Hamburger

### 3.4. Emülsiyon teknolojisi kullanılarak işlenen et ürünleri

#### 3.4.1. Sosis

#### 3.4.2. Salam

### İkincil Temel Ürünler;

#### 1. Yağlar,

#### 2. İnsan gıdası olarak kullanılan eşyalar iç yağlar

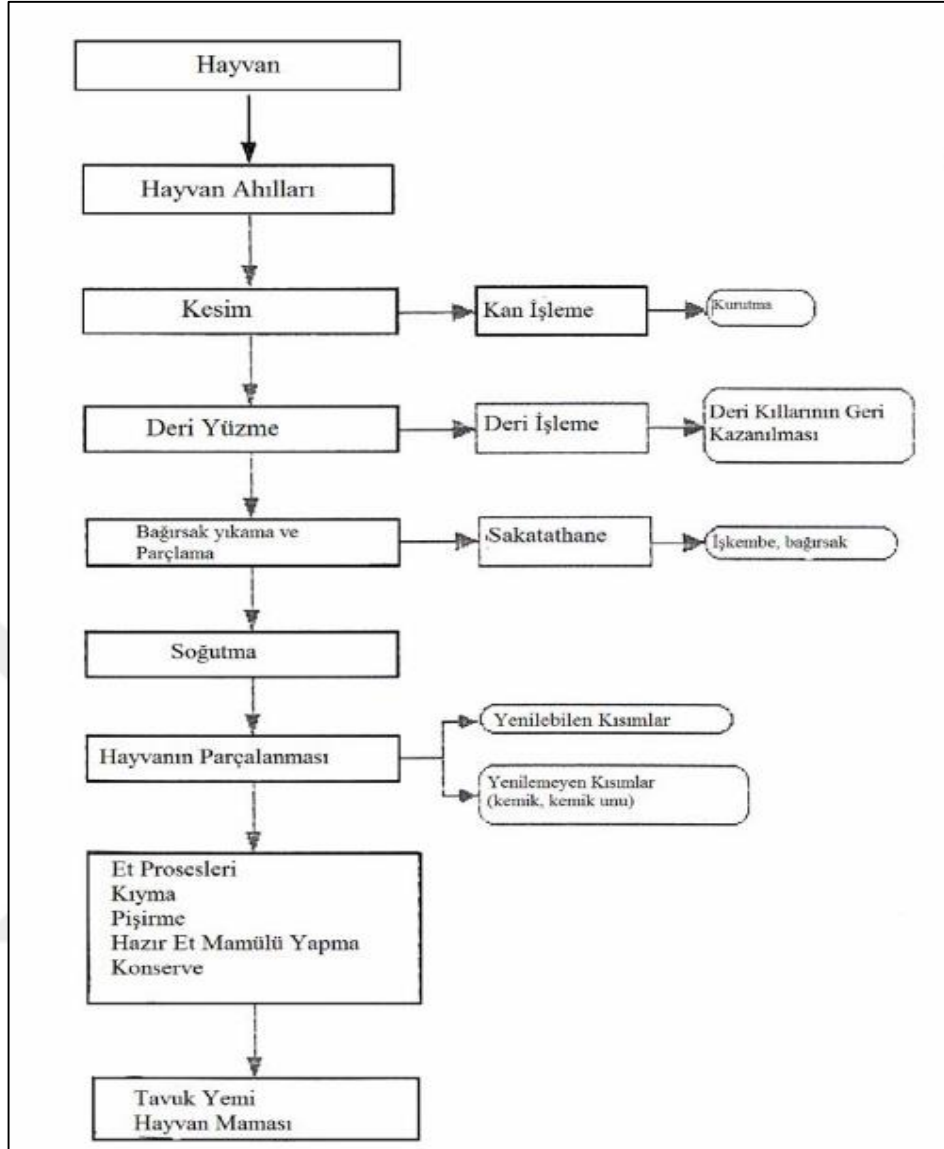
#### 3. Yenebilen iç organlar,baş ve ayaklar

#### 4. Baş etleri, beyin, dil, kalp, karaciğer, böbrekler, dalak, işkembe, koyun ve keçi düz bağırsak, ayaklar

#### 5. Bağırsak

#### 6. Deri

#### 7. Çeşitli tıbbi ve biyoteknolojik preparatlar (Çevre Bakanlığı, 1996; Özcan, 2001; Özyonar ve Karagözoğlu, 2011).



Şekil 1.1. Mezbaha ve entegre tesisi üretim şeması örneği (Özyonar ve Karagözoğlu, 2011)

Şekil 1.1’de belirtilmiş olan gıda sanayinde önemli bir yeri olan mezbahane endüstrisi, proseste kullanılan su hacmi ve kirletici konsantrasyonu bakımından önemli bir kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Mezbaha ve et entegre tesislerinden gelen atıksular kimyasal olarak evsel atıksuya benzer fakat bunlara göre oldukça konsantre yapı sergilemektedir.

## 1.2. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

Günümüzde nüfus artışından kaynaklı olarak gıda sektörü endüstriyel faaliyetleri de artış göstermiştir. Bu durum, her endüstriyel faaliyet sonucu açığa çıkan atıksulardaki kirlilik miktarının, kullanılan prosesin harcadığı su hacminin ve kirlilik konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur. Açığa çıkan bu atıksuyun deşarj edildiği alıcı ortamın kirliliğinin artmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Demirer, 2005).

Mezbaha atıksuyu, kesimevlerinden gelen içeriğinde yağ, kan, organ atığı ve hayvan dışkısı gibi kirleticilerin olduğu atıksu olarak tanımlanır. Et işleme ve kesim işlemlerinden, yüksek miktarda organik fosfor ve azotlu madde içeren, KOİ, BOİ, AKM, çözünmüş madde ve yağ konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu biyolojik olarak ayrışabilen atıksular meydana gelmektedir (Arslan ve Veli, 2012; Oğuz ve Oğuz, 1993).

Mezbahane atıksular içerisinde, patojenik ve patojenik olmayan mikroorganizmalar ve temizlik faaliyetleri için kullanılan deterjanlar ve dezenfektanlar içerir. Mezbaha atıksuları ayrıca besin maddelerini, ağır metalleri, rengi ve bulanıklığı içerir. Veterinerlik amaçlı kullanılan dezenfektan, temizlik maddeleri ve ilaçların atıksuda mevcut olabileceğini belirtmek önemlidir (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015)

Atıksu kesim tesisleri, yıkama ekipmanları, kan ve hayvan kesim atıklarından oluşur. Bu su çoğunlukla kan, yağ, gres, saç, tüy, et, hayvansal gübre, kemik, kum ve sindirilmemiş yem ve biyolojik büyüme için yeterli besin maddeleri içeren yüksek organik konsantrasyonları içerir (Aslan, 2017). Mezbaha atıksuyunun karakteristikleri Tablo 1.1. de özetlenmiştir (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015b).

Tablo 1.1. Mezbaha atıksuyu parametreleri (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar,2015)

Parametre	Aralık
TOK (mg/L)	70-1200
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	150-4635
KOI (mg/L)	500-15900
TN (mg/L)	50-841
TKM (mg/L)	270-6400
pH	4,90-8,10
TP (mg/L)	25-200
Orto-PO <sub>4</sub> (mg/L)	20-100
Orto-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L)	10-80
K (mg/L)	0,01-100
Renk (mg/L Pt-birimi)	175-400
Bulanıklık (FAU)	200-300

FAU: (Formazin Attenuation Units) ISO 7027 Su Arıtma Standartlarına uygundur.

Tablo 1.2. Et Entegre Tesisinde Yapılan Üretim Adımından Sonra Açığa Çıkan Atıksu Karakterizasyonu (Topal, 2011)

Ünite	BOI (mg/L)	AKM (mg/L)	Organik Azot (mg/L)	pH
Kesimhane	825	220	134	6,6
Rendering	3200	3690	540	9,0
Kan toplama tankı	4600	8360	1290	9,0
İşkembe yıkama ünitesi	13200	15110	643	6,0
Ürün ünitesi	800	560	136	7,3
İç yağlar	180	180	84	7,3
Toplama atıksu	2200	1380	186	6,7
Yan ürün ünitesi	2240	929	324	

### 1.3. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksu Deşarj Limitleri

Ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (Çevre Bakanlığı, 2004) mezbaha ve entegre et tesisleri atıksuları için verilmiş olan deşarj standartları ise Entegre et ve mezbaha endüstrisi atıksularının alıcı ortama deşarj edilmesinde sınırlayıcı parametreler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilmiştir.

25687 sayılı ve 31 Aralık 2004 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre "Gıda Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'nın alt çizelgesinde belirtilen Tablo 5.6'da Gıda sanayi

(Mezbahalar ve Entegre et tesisi) alıcı ortama deşarj standartları Tablo 1.3.'de belirtilmiştir. (Çevre Bakanlığı, 2004)

Tablo 1.3. Su Kalite ve Kontrol Yönetmeliğinin Alıcı Ortama Deşarj Standartları (Çevre Bakanlığı, 2004)

<b>Parametre</b>	<b>2 saatlik kompozit numune</b>	<b>2 saatlik kompozit numune</b>
KOI (mg/L)	250	160
Yağ ve gres (mg/L)	30	20
pH	6-9	6-9
Renk (mg/L Pt-birimi)	280	260

#### **1.4. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksularının Çevresel Etkileri**

Mezbaha atıksuyu direkt olarak nehre deşarj edildiğinde, azot ve fosfor gibi makrobesinler içermesi sebebiyle ötrofikasyona neden olabilir. Bu besin maddelerinin deşarjı aşırı yosun büyümesini ve ardından çürümeyi tetikler. Böylece, alg mineralizasyonu çözülmüş oksijen düzeylerinin tükenmesi nedeniyle sudaki yaşamın bozulmasına yol açabilir. BOI nedeniyle oksijen konsantrasyonu azaldıkça, balıkların yaşam koşulları ve sudaki diğer aerobik yaşam unsurları zarar görür ve uygunluğunu yitirir. Oksijen tamamen tükendiğinde, anaerobik ayrışma meydana gelir ve metan ve hidrojen sülfid gibi istenmeyen ayrışma ürünleri oluşur.

Deşarj edilen atıksudaki toplam askıda kalan maddeler suda dipsel birikimlere ve bulanıklıklara neden olur, balıkların solunum yollarını tahriş eder. Yağ ve gresler, suya, kanalizasyon sistemine ve alıcı çevreye zararlı maddelerdir. Yüzücü yağ ve gres, su üzerinde bir film oluşturur, ışık ve oksijenin aktarılmasını engeller. Sudaki canlıları ve araçları kirletir. Emülsiyeye yağlar, balıkta zehirli etkiler yapar ve solunum yollarının yağ ile kaplanmasına neden olur. Ayrıca mezbaha atıksuları, su hayatına doğrudan zehirli olan krom ve amonyak gibi bileşikler içerebilir (Uğurlu, 2004)

Et işleme endüstrisinin başka bir kirlenme kaynağı temizleme işleminin bir sonucu olarak yüzey aktif maddelerin eklenmesidir. Deterjanlardaki ana bileşenler olan yüzey aktif maddeler, yetersiz bir arıtım nedeniyle su ortamına girebilir, bu da ekosistemde insan, balık ve bitki örtüsünü etkileyen kısa süreli ve uzun süreli değişikliklere neden olur (Oğuz, 1993; Belsky ve ark., 1999).

Sucul alanlara karışan mezbaha atıksularında bulunan patojenler bu sulara maruz kalan insanlara bulaşabilir. Bu alanların içme, yüzme veya sulama amacıyla kullanımını kısıtlar (Cao ve Mehrvar, 2011).

Et işleme endüstrisinin halk sağlığı üzerine genel etkileri, insanların mezbaha faaliyetleri ile doğrudan etkileşimi ve sıvı atıkların, katı atıkların ve kötü kokuların yetersiz yönetimi nedeniyle etkilenen çevre ile dolaylı etkileşimlerle ilgilidir (Mbuligwe, 2009).

Um ve ark. (2008)'na göre, konvansiyonel arıtım süreçlerinin, mezbaha atıksularında bulunan antibiyotiğe dirençli *Escherichia coli* bakterilerinin azaltılması üzerinde önemli bir etkisi yoktur ve bu durum, antibiyotiğe dirençli ve patojenik bakterilerin çevreye yayılmasıyla ilgili olarak uygun şekilde işlem görmemiş mezbaha atıkları ile ilişkili halk sağlığı risklerini vurgulamaktadır. Bu nedenlerle, çevre kirliliğini ve insan sağlığı etkilerini önlemek için mezbaha atıksularının sucul ortamlara deşarj edilmeden önce verimli bir şekilde arıtılması gereklidir.

Farklı endüstrilerden çeşitli türde prosesler sonucunda ortaya çıkan ve deşarj edildikleri su ortamında olumsuz etkilere neden olan atıksular, inorganik yada organik kökenli maddeleri içermektedir. Bu endüstriyel atıksular deşarj edildikleri alıcı ortamlarda kirlenmelere ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Özellikle atıksuların alıcı ortama vereceği zarar, hacimleri ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir.

Gıda sanayinde önemli bir yeri olan mezbahane endüstrisi, proseste kullanılan su hacmi ve kirlenici konsantrasyonu bakımından önemli bir kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mezbaha ve entegre et tesislerinden gelen atıksular kimyasal olarak evsel atıksuya benzer fakat bunlara göre oldukça konsantre yapı sergilemektedir. Mezbahane endüstrisi atıksuları; yüksek miktarda organik madde (KOİ, BOİ), toplam askıda katı, toplam fosfor, toplam azot, yağ ve gres ihtiva eden ve biyolojik olarak ayrışabilen önemli bir çevre kirlenici kaynağıdır (Nunez ve ark., 1999).

Entegre et ve mezbaha endüstrisi atıksuları alıcı ortama herhangi bir arıtıma tabi tutulmadan deşarj edildiğinde, alıcı ortamın çözünmüş oksijeninin tüketilmesine ve su ortamının bozulmasına neden olmaktadır. Alıcı ortamda biriken ve organik partikül içeren çamurun yavaş bozunumu ile bu olay daha da hızlanmaktadır.

Çözünmüş oksijenin tükenmesi, sudaki aerobik yaşamı özellikle de balıkları etkilemektedir. Oksijen tamamen tükendiğinde ise anaerobik ayrışma meydana gelmekte ve metan, hidrojen sülfür gibi istenmeyen ayrışma ürünleri oluşmaktadır. Deşarj edilen atıksularda bulunan toplam askıda maddeler, sularda dipsel birikimlere sebep olmakta ve bulanıklığa yol açmaktadır. Yağ-gres ise, su yüzeyinde film oluşturarak sudaki ışık ve oksijen transferini engellemekte ve sudaki aerobik yaşam üzerinde olumsuzluğa yol açmaktadır. Bu atıksular içerdiği yüksek miktardaki kirleticiler sebebiyle deşarj öncesi arıtılması zorunlu olan atıksulardır. Mezbaha endüstrisi atıksularının içermiş olduğu kirleticiler nedeniyle arıtılması oldukça güç ve pahalıdır. Bu atıksuların arıtılması için çeşitli kimyasal ve biyolojik arıtma teknikleri kullanılmaktadır. Ancak bu nitelikteki bir atıksuyu arıtmak için bazı yöntemler tek başına kullanıldığında yetersiz kalmakta ya da işletme problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu da çeşitli arıtma alternatiflerinin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır.

### **1.5. Mezbaha ve Et İşleme Endüstrisi Atıksularının Arıtımı**

Mezbaha endüstrisi atık suları, yüksek konsantrasyonlarda karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) içermektedir (Zhan, Healy ve Li, 2009). İçerdiği organik kirlilikten dolayı bu atık suların deşarj edilmeden önce arıtılması gerekmektedir. Mezbaha atık suyu yönetiminde ilk adım, proses girdilerinin en aza indirilmesidir (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015). Et işleme endüstrilerinde su tüketimi önemli ölçüde değişmekle birlikte, düzenli kesim yapılan bir kesimhane yüksek miktarda atıksu üretmektedir. Oluşan atık sular genellikle ön arıtım ve sonrasında birincil arıtım, ikincil arıtım ve gerekli durumlarda üçüncül arıtım yöntemleri uygulanarak arıtılmaktadır. Dolayısıyla ön arıtma işleminden sonra uygulanan yöntemler fizikokimyasal arıtma, ileri oksidasyon prosesleri, arazi uygulaması, biyolojik arıtma ve hibrit prosesler olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır.

Ön arıtma işleminde, genellikle kesim sırasında oluşan ve parçalanamayan iri katı maddeler, elek ya da ızgaralar yardımıyla atık sudan ayrılmaktadır. Yapılan ön arıtım

sonucunda atık sudaki katıların % 60 ve BOI 'nin % 30 undan fazlasının giderimi sağlanmaktadır (Mittal, 2006).

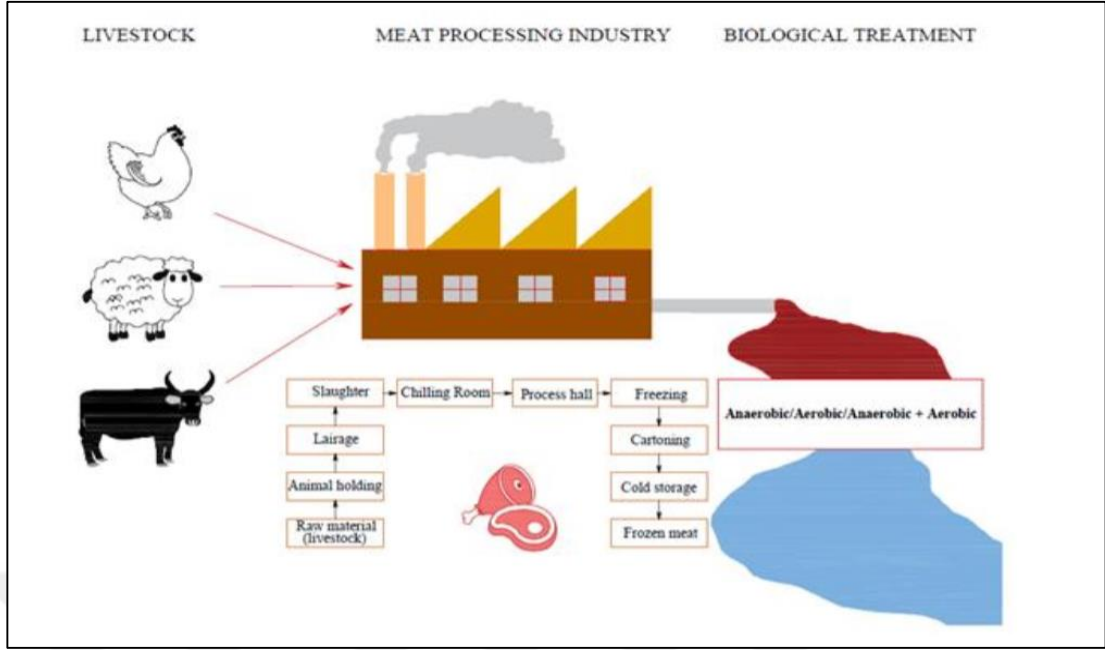
Fizikokimyasal arıtım yöntemleri; çözünmüş hava flotasyonu, elektrokoagülasyon, membran teknolojileri ve koagülasyon ve flokülasyondur (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015). Suların dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan klorlama yöntemine alternatif olarak mezbaha atık sularında uygulanan ileri oksidasyon proseslerinde, atık suya ek kimyasal madde eklenmeden atık sudaki mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi söz konusudur (De Sena, 2009).

Literatürde mezbaha atık sularının arıtımında, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> işleminin çok etkili olduğu belirtilmiştir (Wu ve Doan, 2000).Yapılan çalışmada, mezbaha atık sularının ozonlama yöntemiyle dezenfeksiyonunda litre başına 23,09 mg/ dk' ya kadar ozon dozajı kullanılarak %99'a kadar mikroorganizmalar etkisiz hale getirilmiştir.

Arazi uygulamasında, biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerin toprağa besin maddesi olarak doğrudan uygulanması şeklindedir Koku problemi, toprak kirliliği, patojenlerin varlığı, yüzey ve yeraltı suyu kirliliğine sebep olması bu yöntemin dezavantajları olarak sayılmaktadır (Avery, Killham ve Jones, 2005). Arazi uygulamasının avantajı, mezbaha endüstrisi atık sularında bulunan faydalı malzemelerin toprak yapısını iyileştirmesi ve geri kazanımının sağlanmasıdır (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015).

Anaerobik ve aerobik biyolojik arıtma yöntemleri, mezbaha endüstrisi atık sularının ön arıtımından sonra atık suda kalan çözünmüş organik bileşiklerin giderilmesi ve BOI konsantrasyonunun azaltılması amacıyla ikincil arıtımda en çok kullanılan yöntemlerdendir (Pierson ve Pavlostathis, 2000).

Organik madde gideriminde yüksek verim elde edildiğinde bile et işleme endüstrisinde suyun geri dönüşümüne izin veren yüksek kaliteli arıtılmış su, ileri oksidasyon ya da kombine (hibrit) proseslerle elde edilebilmektedir. Literatürde aktif çamur-ters osmoz, koagülasyon-adsorpsiyon, anaerobik-aerobik arıtım, biyolojik arıtım- ileri oksidasyon prosesi gibi çeşitli çalışmalar ile mezbaha atıksularının arıtımında yüksek verimler elde edilmektedir. Biyolojik Arıtım örneği Şekil 1.2. 'de belirtilmiştir (Aziz ve ark., 2019)



Şekil 1.2. Mezbaha endüstrisi biyolojik arıtım proses örneği (Aziz ve ark., 2019)

Spesifik bir arıtımın seçimi temel olarak arıtılan mezbaha atık suyunun özelliklerine, en uygun teknolojiye ve farklı ülkelerdeki mevcut düzenlemelere bağlıdır (Tevkur, 2019). Çeşitli prosesler içerisinde biyolojik arıtım, mezbaha atık suyu gibi çok yüksek miktarlarda organik madde içeren atıksuların arıtılması için bir alternatif sunmaktadır.

### 1.5.1 Arıtma yöntemleri

**Kimyasal Arıtma:** Mezbaha ve entegre et tesislerinde atık suların arıtılmasında kimyasal arıtmanın yaygın olmadığı ve kimyasal arıtmadan çıkan suyun, sulama suyu olarak kullanılabilmesi vurgulanmaktadır.

**Elektrokoagülasyon:** Elektrokoagülasyon yönteminin, entegre et ve et ürünleri endüstrisi atık sularının arıtılmasında alüminyum ve demir elektrotların kullanıldığı, elektrokoagülasyonda en yüksek KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) giderim veriminin (%78,99) alüminyum elektrot ile elde edildiği belirtilmektedir. **Biyolojik Arıtma:** Damlatmalı filtrasyon, aktif çamur sistemlerinde BOİ değerinde etkili arıtma verimi elde edilmektedir.

Damlatmalı filtrasyon ile arıtmada %81-90; iki kademeli damlatmalı filtrasyon ile %95 oranında BOİ giderme verimi elde edildiğini, biyolojik arıtma amacıyla aktif

çamur sistemi (%90-95 BOİ giderimi) veya oksidasyon hendekleri kullanılmakta olduğunu eklemiştir. Bildirildiğine göre et endüstrisi atık suyu arıtmada ise klasik ön çöktürme ve ön arıtma yerine flotasyon kullanılmakta ve bu şekilde yağ kaparı olmadan askıda katı partiküller yağ ile birlikte uzaklaştırılmaktadır. Damlatmalı filtrelerde atık sudaki yüksek BOİ nedeniyle 5:1 oranında geri besleme yapılmakta ve flotasyondan sonra %60 BOİ arıtımı sağlanmaktadır. Biyolojik arıtma basamağında damlatmalı filtreler, aktif çamur veya anaerobik temas prosesi kullanılmaktadır.

Fiziksel Arıtma: Şengül (1989) mezbaha atık sularının arıtılmasının ilk aşamasını ızgara ve elekten geçirme ile kıl, et, gübre, yüzen katı maddelerin, askıda katı maddelerin tutulması, yağ tutucular yardımıyla yağ ve gresin atık sudan uzaklaştırılmasını izleyen, daha sonra kullanılacak biyolojik arıtma sisteminin tipine bağlı olarak belirlenen ön çökeltme işlemi uygulaması olarak tanımlamıştır. İleri Arıtma Teknikleri: Son yıllarda deşarj standartlarının daraltılması ve suların tekrar kullanılma ihtiyacı amacıyla ileri arıtma konusu gündemdedir. Atıksulardan suyun geri kazanılması veya atıksuların tekrar kullanımı, atıksuların bertaraf edilmesini oldukça kolaylaştırmaktadır. Konvansiyonel arıtma tesislerinde, uzaklaştırılmayan veya parçalanamayan dayanıklı (persistent) maddelerin zararsız hale getirilmesi için uygulanan tekniklere ileri arıtım teknikleri adı verilmektedir.

Birinci ve ikinci kademe arıtmalarında Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) değerleri oldukça düşürülmekte ve zararlı mikroorganizmalar yok edilmektedir. Ancak, böyle sular Askıda Katı Madde (AKM) ve bol miktarda da suda çözünen organik ve inorganik maddeleri içerebilmektedir.

## 2. MİKROALGLER

Mikroalglerin insanlar tarafından ilk kullanımı, Çin'de kıtlık sırasında hayatta kalmak için Nostoc (*Siyanobakterlerden bir cins*) kullanımı ile 2000 yıl öncesine dayanmaktadır. Ancak, mikroalgere ait biyoteknolojinin geliştirilmesi 20.yüzyılda başlamıştır. Gelecekteki araştırmalarda odaklanması gereken çalışma alanları genetik değişiklik ile mikroalglerin üretimidir. Mikroalgal ürünlerinin çeşitliliği ve sürdürülebilirlik açısından faydası çalışmaların artış göstermesi ile devam etmelidir (Spolaore, Joannis-Cassan, Duran, Isambert, 2006).

Mikro algler evredeki varlığı bilinen en yaşlı organizmalardır ( Becker, 2007). Dünyanın çevresi oluştuğunda 3 milyar yıldan fazla bir süre önce, dünyanın okyanuslarında mikro algler vardı. 50.000'den fazla farklı türü olduğu düşünülen mikroalgler, yıllar boyunca sucul ortamlardaki varlığını sürdürmeye devam etmiştir. Bu türlerin yaklaşık 30.000 'i ile ilgili çalışmalar yapılabilmemiş diğer türlerin keşfi amacıyla çalışmalar devam etmiştir (Souza ve Schneider, 2018; Vonshak, 1990).

Algler geçmişten günümüze birçok alanda kullanılmış ve kullanım alanlarının artırılması ile ilgili çalışmaların devam ettiği organizmalardır. İhtiva ettikleri protein, mineral ve pigment, hidrokarbon, polisakkarit, vitamin, yağ asitleri, karbonhidrat ,antibiyotik ve daha birçok maddeden dolayı canlı her organizma tarafından besin ihtiyacını karşılayabilecek bir alternatif olarak görülmüştür.(Cheng, Wei, & Leiknes, 2017). Bu nedenle II. Dünya savaşından bu yana Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, İngiltere Almanya ve Norveç gibi gelişmiş ülkelerde mikroalglerin besinsel zenginliklerinden yararlanılmaktadır (Altın, 2017; Becker, 2007).

En eski yaşam formlarından biri olarak bilinen mikroalgler, yüksek fotosentetik verimliliğe sahip mikroskobik boyutlardaki, su habitatında organik maddenin birincil sentezleyicileridirler.

Tek başına, çiftler halinde, kümeler halinde ya da hepsi birbirine benzeyen yapraklar halinde oluşan geniş bir grup basit tek hücreli organizmalardır. Ancak ilkel bitkiler olduklarından dolayı kök, gövde veya yaprağa sahip değildirler.

En bol bulunan ve fitoplankton olarak adlandırılan tek hücreli planktonlardır (Umut, 2015). Algler, *Cyanophyta* (mavi-yeşil algler) olmak üzere bir prokaryot özellik ve *Rhodophyta* (kırmızı algler), *Phaeophyta* (kahverengi algler), *Chlorophyta* (yeşil algler), *Pyrrophyta* (ateş rengi algler), *Chrysophyta* (altın sarısı algler), *Bacillariophyta* (diatomlar), *Xanthophyta* (sarı-yeşil algler), *Euglenophyta* (kamçılı algler) olmak üzere 8 ökaryot özelliğe sahip bölüm içerirler. Boyutlarına göre makroalg veya mikroalg olarak sınıflandırılır. Makroalgler (deniz yosunu) çıplak gözle görülebilen çok hücreli, büyük boyutlu alglerdir. Mikroalgler ise mikroskobik tek hücreli alglerdir. Mikroalgler, çoğunlukla ototrofik fotosentetik ökaryotlar olup, besin zincirinin ilk halkasını oluşturmaları dolayısıyla sucul ekosistemin en temel parçasıdır (Wang ve ark. 2019).

Mikroalglerin çok uzun bir süredir lipit, hidrokarbon, karotenoid, enzim ve diğer kompleks yağları ürettikleri bilinmektedir. (Sen, Soydemir ve Gurol, 2014; Soydemir, 2016) Bu değerli biyolojik ürünlerin üretiminin yanısıra mikroalgler su kültüründe hammadde kaynağı olarak endüstriyel uygulamalar için yüksek potansiyele sahip organizmalar olarak görülmektedir. Son dönemde moleküler biyolojideki gelişmeler algal biyoürün üretim verimini iyileştirmektedir. Mikroalglerin biyoproses faktörlerindeki değişimler (sıcaklık, pH, ışık, karbon kaynağı, nütrient gibi) biyokütle ve spesifik biyoürün üretimlerini arttırmada kullanılmaktadır (FAO, 2013).

Yine son yıllarda mikroalg biyokütlesinin biyoyakıt elde etmek amacıyla üretimi, alglerin yüksek fotosentezleme kapasitesi, düşük karasal alan ihtiyacı, küçük miktarlarda ileri teknoloji gerektirmeyen şekilde biyodizele ve yakma gazına çevrilebilmesi ile dikkat çekmiştir (Xie, 2017).

Mikroalglerin insanlar tarafından başlıca besin desteği olarak kullanılmalarının nedeni; hücre içinde biriktirdikleri protein, karbonhidrat, yağ asitleri İçerdikleri karbonhidratlar, nişasta, glikoz sakkaroz ve diğer polisakkaritler şeklinde bulunur (Tablo 2.1.). Ayrıca, insan vücudunda gerçekleşen biyokimyasal süreçler için gerekli

olan ancak vücutta üretilmeyen Omega-3 ve Omega-6 maddeleri ve A, B1, B2, B6, B12, C, E, folik asit gibi insan sağlığı için önemli vitaminleri içerirler.

Bütün bu özelliklerinden dolayı sağlık, kozmetik, ilaç gibi alanlarda sıklıkla kullanılırlar (Cai, Park ve Li, 2013).

Tablo 2.1. Bazı Mikroalg Türlerinin Yüzdeler Bileşen Oranları (Altın, 2017)

<b>Mikroalg</b>	<b>Protein</b>	<b>Karbonhidrat</b>	<b>Lipid</b>
<i>Aabeana cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	62	23	3
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14
<i>Spirogyra sp</i>	6-20	33-64	11-21
<i>Arthrospira maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9

Mikroalglerin çevresel kullanım alanları en az sağlık, kozmetik, ilaç alanlarında olduğu kadar genişdir (Vinueza ve Zutter, 2018). Protein açısından zengin mikroalglerin protein ihtiyacını karşılayacak bir besin olabilmesi yönünde çalışmalar yapıldı. Kapsamlı analizler ve beslenme çalışmaları, bu alg proteinlerinin yüksek kalitede olduğunu ve geleneksel bitkisel proteinlerle karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir. Gerekli çalışmalar devam etmekte olup hayvan yemi dışında, protein besin takviyesi olarak kullanılabilmesi mikroalgler için ayrıca bir araştırma konusudur (Ruiz-Marin, Mendoza-Espinosa ve Stephenson, 2010).

İnsanların günlük yapması gereken ya da yaptığı aktivitelerin artması, açığa çıkan atıkların su ortamlarına edilen deşarj miktarını arttırdı. Kontrolsüzce yapılan deşarjlar atık sulardaki kirlilik konsantrasyonlarını arttırmaktadır. Mikroalgler besin

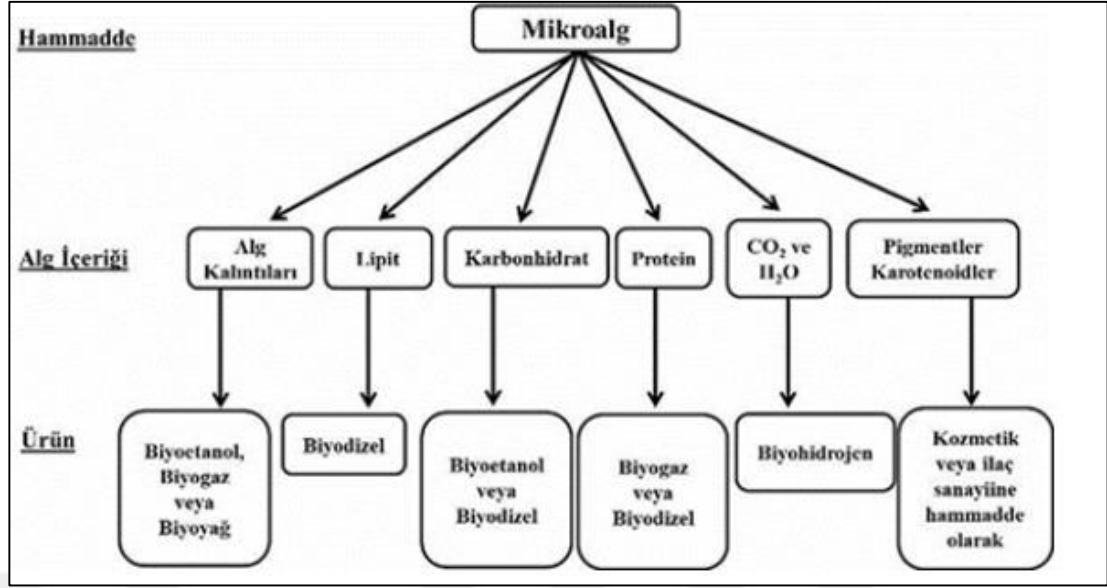
olarak gördüğü kirliliklerin uzaklaştırılması için uygulanan mevcut yöntemler karmaşık yapılı, pahalı ve enerji gerektirir. Bu nedenle, mikroalg ekimi yeni ortaya çıkan bir alternatif arıtım yöntemi olmuştur. Bu fotosentetik mikroorganizmalar büyük miktarda gerektirir (Whitton ve ark., 2016).

Atıksu arıtma işlemlerinde mikroorganizmaların çeşitli çalışmalarla doğal ve yapay büyütülmesi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Araştırmaların temelini mikroalg veya mikroalg ve bakteri tarafından oluşturulan konsorsiyumdur.

Atık suların iyileştirilmesindeki konsorsiyumlar çok avantajlı olabilir, çünkü: (i) arasındaki işbirliğine dayalı etkileşimler birlikte yetiştirilen mikroorganizmalar oluşabilir, bu da toplam besin alımını artırır; ve (ii) bu sistemler çevresel koşullar salınımlarına karşı daha dirençli olma eğilimindedir. Atıksuların iyileştirilmesinde mikroalgal konsorsiyumların da uygulanabilmesi çalışmaları devam etmektedir (Gonçalves, Pires ve Simões, 2017).

Mikroalglerin birbirinden tamamen farklı birçok kullanım alanı mevcuttur.(Ruiz-Marin ve ark., 2010; Şişman Aydın , 2018). (Şekil 2.1.) Besin olarak tüketilmeleri Çinlilerle başlamış olmasına rağmen, yetiştiriciliği ise 1850'li yıllarda küçük ölçekli olarak laboratuvar ortamında başlamıştır. Ticari yetiştiricilik ise 1960'lı yıllarda başlamıştır. Mikroalgler protein, karbonhidrat, yağ asitleri, vitamin, mineral, pigmentler ve daha pek çok önemli metabolitleri hücre içinde biriktirirler (Simsek, 2017). İçerdikleri karbonhidratlar, nişasta, glikoz, sakkaroz ve diğer polisakkaritler şeklinde bulunur. Ayrıca, insan vücudunda üretilmeyen Omega-3 ve Omega-6 maddeleri ve insan sağlığı için önemli vitaminleri içerirler. Bütün bu özelliklerinden dolayı sağlık, kozmetik, ilaç gibi alanlarda sıklıkla kullanılırlar (Vonshak, 1990).

Mikroalgler, son zamanlarda toprağa bağımlı olmayan yeni tarım üretim potansiyeline sahip, doğal bir kaynak olarak görülmektedirler. Atıksu arıtımı, ağır metal giderimi, biyo izleme materyali, eko toksikolojik testler, gibi birçok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Mikroalglerin içeriğine bağlı olarak elde edilen ürünler (Çalışkan Eleren ve Öneri, 2018)

Hızlı büyüyen yapıları, yüksek orandaki yağ içerikleri sayesinde mikroalgler enerji üretiminde de önemli bir yer tutmaktadır. Mikroalglerden enerji üretiminde kullanılan çeşitli yollar vardır. Bunlardan en etkili olanı ise mikroalgal biyokütleden elde edilen yağın biyodizele dönüştürülmesidir. Türe bağlı olarak mikroalgler oldukça farklı çeşitlerde lipidler, hidrokarbonlar ve diğer karmaşık yağları üretebilirler. Uygun koşullar altında bazı mikroalg türleri kuru ağırlık başına %50-70 oranında yağ biriktirebilirler. Bununla birlikte tüm mikroalgal yağlar biyodizel için elverişli değildir.

Mikroalgler, önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olma potansiyeline sahip olan biyoyakıt ve yüksek değerli ürünler üretmek için hammadde olarak kullanılacak önemli bir yağ kaynağı ve diğer moleküllerdir. Bununla birlikte, büyük ölçekli mikroalgal biyoyakıt üretimi, mikroalgbio-rafineri endüstrisinin mevcut büyümesini ve gelişmesi nihala ekonomik olarak olanaksız kılan çok sayıda teknik zorlukla karşı karşıyadır.

Çevre mühendisliği açısından biyokütle bazlı biyodizel üretiminde mikroalglerin son yıllarda ön plana çıkmasının en önemli sebeplerinden biri de, CO<sub>2</sub> başta olmak üzere çeşitli sera gazlarının atmosferdeki aşırı birikiminden kaynaklanan küresel iklim değişikliğine çözüm arama çabalarıdır. Mikroalgler büyümeleri için gereken

inorganik karbon kaynağı olan atmosferdeki mevcut CO<sub>2</sub>'i, enerji bitkilerine kıyasla etkili bir şekilde özümseme yeteğine sahip olduklarından, atmosferde biriken fazla CO<sub>2</sub>'i tutarak küresel ısınmanın önlenmesine katkıda bulunabilirler.

Ayrıca mikroalglerin yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına karşı toleranslı olmaları, atık baca gazlarından CO<sub>2</sub> özümsemelerine de olanak sağlamaktadır. Bu nedenle mikroalg bazlı biyodizel, hem atmosfere karbon salınımının azaltılması ve küresel karbon dengesinin korunması, hem de küresel enerji ihtiyacının karşılanması açısından büyük faydalar sağlayabilecek yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Yusuf Chisti, 2007; Hallenbeck, 2013).

## **2.1. Mikroalglerin Büyümesine Etki Eden Faktörler**

Mikroalg üretimini etkileyen biyolojik olan ve olmayan, proses işletmesine bağlı değişkenlik gösteren parametreler mevcuttur. Bunlar ışık, sıcaklık, besin maddesi, karbondioksit, pH, tuzluluk gibi faktörlerdir (Altın, 2017; Soydemir Gülfem, 2016).

### **2.1.1. Sıcaklık**

Sıcaklık mikroalg gelişimini, özellikle hücre morfolojisi ve fizyolojisini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Büyüme için uygun sıcaklık koşulları 20-30 °C arasındadır. Birçok tür göz önünde bulundurularak sıcaklık için geniş değer aralığı, 5- 35°C olarak belirlenmiştir. Artan sıcaklık belli bir büyüme sağlayacağı en uygun değere çıktıktan sonra zamana bağlı azalmaya başlar (Delgadillo-Mirquez, Lopes, Taidi, & Pareau, 2016). Mikroalgler, metabolizmalarına ve fizyolojik aktivitelerine doğrudan etkili olabilen sıcaklık değişimlerinden hızlı bir şekilde etkilenirler. Sıcaklık hücresel solunumu arttırmakta ve artan solunum hızı biyokütlenin zarar görüp eksilmesine neden olmaktadır (Yılmaz, 2018). Ayrıca bir risk ve bir fiziksel stres faktörü olarak değerlendirilebilir.

Sakamoto ve diğ., (1998) *Synechococcus sp.* PCC 7002 ile yaptığı çalışmada, en kısa ikilenme süresini (3,5 saat) 38°C sıcaklıkta bulmuştur. Chokshi ve diğ., (2015) *Acutodesmus dimorphus* ile yaptıkları çalışmada en iyi büyümenin 35°C'de gerçekleştiğini ve bünyesinde %22,7 lipit, %33,7 karbonhidrat ve %38 protein biriktirebildiğini ifade etmiştir. Converti ve diğ., (2009) *N. oculata* ile yaptıkları

çalışmada, optimum sıcaklık şartlarında (25°C), lipit üretiminin iki katına çıktığını belirlemiştir (Yılmaz, 2018). Bazı türlere ait sıcaklık toleransları – kültür sıcaklık değer aralıkları Şekil 2.2’de örneklendirilmiştir.

Mikroalg	Kültür Sıcaklığı, °C
<i>Chlorella sp. ADE5</i>	30±2
<i>Spirulina platensis</i>	25±1
<i>Botryococcus braunii</i>	26±1
<i>Desmodesmus sp. EJ9-6</i>	24±1
<i>Desmodesmus communis</i>	18-25
<i>Chlorella zofingiensis</i>	25±1
<i>Coccomyxa actinabiotis</i>	24±2
<i>Platymonas subcordiformis</i>	25
<i>Chlorella vulgaris</i>	22±2
<i>Anabaena sp. PCC 7120</i>	30
<i>Chodatella sp.</i>	25
<i>Scenedesmus obliquus</i>	30±3
<i>Chaetoceros sp.</i>	35
<i>Monoraphidium sp. SB2</i>	25-35

Şekil 2.2. Bazı türlere ait sıcaklık toleransları–kültür sıcaklık değer aralıkları (Altın, 2017)

### 2.1.2. Işık

Işık, mikroalg büyümesinde özellikle doğrudan etkili olan parametrelerden biridir. Işık kaynağının doğal ya da doğal olmayan çeşitleri mikroalg türlerinin fotosentez yapma hızını etkiler. Üretimin yapıldığı tankın derinliğine bağlı olarak ışık kaynağının en az aydınlatma süresi 16-18 saat aralığında olmalıdır (Çanakçı, 2015). Işık miktarının aşırı artması ile fotosentetik organizmaların büyüme hızları artmaktadır. Işık miktarı doyumluk seviyesine ulaştıktan sonra hücreler ürettikleri enerjiyi ısı olarak açığa çıkarmaya başlamaktadırlar. Bu durum mikroalglerin dengesini bozan bir durum haline gelmektedir. Mikroalg kültürleri çok düşük ışık yoğunluklarında neredeyse hiç büyüme göstermezler (Elcik, 2017). Mikroalglerin fotosentetik etkinlikleri türe bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, yeşil mikroalglerin fotosentez yaparken klorofil pigmentleri en iyi 450-475 nm ve 630-675 nm aralığındaki ışık enerjisini absorbe edebilmektedir (Tablo 2.3.). Bu nedenle aydınlık/karanlık döngüleri ve ışık şiddeti kültivasyonu yapılan türe göre seçilmelidir (Oktor, 2018; Sisman Aydın, 2019).

Tablo 2.2. Bazı mikroalg türlerine ait ışık şiddetleri ve zamana bağlı fotoperiyotları (Altın, 2017; Yılmaz, 2018)

Mikroalg Türü	Aydınlık/Karanlık döngü(saat)	Işık Şiddeti( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
<i>Chlorella vulgaris</i>	14/10	250
<i>Tetraselmis suecica</i>	12/12	125
<i>Chloococum sp. RAP-13</i>	13/11	125
<i>Scenedesmus obliquus</i>	14/10	40
<i>Nannochloopsis oculata</i>	24/0	150
<i>Spirulina platensis</i>	12/12	27

### 2.1.3. Karbondioksit

CO<sub>2</sub>, bitkiler ve mikroalglerin fotosentez yapması için sınırlayıcı faktörlerden birisidir. Mikroalglerin fotosentez yapabilmesi için ortamda belirli bir konsantrasyonda CO<sub>2</sub> bulunmalıdır ve maksimum fotosentetik verimlilik %1-5 arasındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile elde edilir. Ortamdaki CO<sub>2</sub> seviyesinin artması fotosentez etkinliğini arttırarak mikroalgal biyokütlenin gelişimine katkı sağlar (Yılmaz, 2018).

### 2.1.4. pH

Mikroalglerin uygun ortamda büyümesinin etkileyen diğer bir önemli parametre pH'dır Karbondioksit ve nitrat alımında pH yükselirken, amonyak alımında düşmektedir. Genel olarak, pH 10- 11'in üzerinde, mikroalglerin gelişimi inhibe olmaktadır. Mikroalgler pH değişikliklerinden etkilenen organizmalardır. pH, mikroalglerin nütrient alımı ile doğrudan ilişkilidir. Genel olarak pH: 7-9 aralığı alglerin üretimi için uygun olup diğer türlerin üremesini engelleyici etki yapmaktadır. Başka bir çalışma *Chlorella vulgaris* ile yapılmış ve geniş bir pH aralığında çalışmışlardır (pH: 5-8). Biyokütle büyümesi ve lipit birikimi için maksimum pH: 7,5 olarak bulunmuştur. Bununla birlikte pH: 3,0, 4,0 ve 11,0 bu tür için aşırı bulunmuştur. pH: 9,5'te mikroalgin yetişmediği ve topaklanmaların olduğunu belirtmişlerdir (Çanakçı, 2015).

### **2.1.5. Karıştırma**

Karıştırma, mikroalgler için diğerk bir önemli parametredir. Optimum karıştırma, ışık, sıcaklık ve gazların (CO<sub>2</sub> gibi) homojen dağılımı için gerekmektedir. Ayrıca, mikroalglerin çökmesini önlemek ve besin maddelerinin kullanımını artırmak için karıştırma gereklidir. Karıştırma işlemi yavaş olursa, mikroalgal kültür içerisinde ışık görmeyen bölgeler varsa karıştırma işlemi suyun prosesi canlılığını azaltarak büyümenin olumsuz etkilenmesine neden olacaktır. Karıştırma hızlı olursa, kesme gerilmesinden dolayı mikroalgal hücreler zarar görebilir. Karıştırma işlemi, mekanik karıştırıcılar (ör. çark, karıştırma kolu), mekanik pompalar veya gaz (hava veya diğerk gaz karışımları) dağıtıcı sistemler ile yapılabilir (Çalışkan Eleren & Öneri, 2018). Çoğunlukla, mekanik karıştırıcılar açık sistemlerde kullanılırken, pompalar ve gaz dağıtıcılar kapalı sistemlerde kullanılmaktadır (Altın,2017;Yılmaz, 2018).

### **2.1.6. Besin**

Mikroalg kültürlerinin iki temel besini azot ve fosfordur. Kükürt, potasyum, magnezyum, demir, çinko, kalsiyum, molibden, kobalt, selenyum ve nikel az miktarda veya eser miktarda gereken besinlerdendir (Boehler et al., 2007).

Besin tedariki ve besin seviyelerinin kontrolü, yetiştirme ekonomisi, üretkenlik ve sürdürülebilirlik konuları için hayati öneme sahiptir. Mikroalg türleri farklı azot kaynaklarını kullanmakla beraber en çok nitrat, amonyak ve üreyi kullanmaktadırlar. Azotun ideal formu, göreceli maliyetlerine ve türlerin özel biyolojilerine bağlıdır. Farklı formlarda azot kaynaklarını büyük miktarlarda içeren atık sular ucuz bir azot kaynağı olarak değerlendirilebilir. Ortama eklenen fosfatların metal iyonlarıyla bileşik olması sebebiyle, her fosfor kaynağı biyolojik olarak kullanılabilir olmamakta ve bu durum fosforun aşırı miktarda sağlanmasını gerektirmektedir. Kükürt, kükürt dioksit olarak kömürlü termik santrallerin baca gazından temin edilebilir (Becker, 1994).

### **2.1.7. Tuzluluk**

Tuzluluk, mikroalgal biyokütle üretimini etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Her mikroalg çeşidinin büyümesini etkileyen için gereken optimum tuzluluk değeri

değişmektedir. Mikroalgal hücrelerdeki biyokütle üretimini ve yağ verimliliğini etkileyen stres faktörlerinden bir tanesi tuzluluktur.

Büyüme esnasında her mikroalg türü için optimum tuzluluk değeri farklılık göstermektedir. Mikroalg türleri, tuzluluk stresini bir dereceye kadar tolere edebilir. Örneğin deniz mikroalglerinden olan *Dunaliella sp.* yüksek tuzluluk stresi altında yüksek miktarda biyokütle ve lipit üretimi gerçekleştirebilmektedir. Tatlı su mikroalglerinden olan *Chlorella vulgaris*, *Microcystisa eruginosa* gibi türler ise daha az tuzlu besin ortamlarında daha iyi gelişim göstermektedirler (Shen, 2015).

### **2.1.8. Biyolojik faktörler**

Mikroalg kültürasyonunda küf, maya, mantar, bakteri ve istenmeyen algler tarafından biyolojik kontaminasyon meydana gelebilmektedir. Azot, fosfor gibi besin maddelerinin bu mikroorganizmalar tarafından tüketilmesi mikroalgal büyümeyi inhibe edebilmektedir. Biyolojik kontaminasyon, sıcaklık, pH, ışık gibi çevresel faktörler geçici olarak değiştirilerek önlenabilir (Mata ve diğ., 2010; Yılmaz, 2018).

### **2.2. Mikroalglerin Üretim Sistemleri**

Mikroalg kültürü modern biyoteknolojilerden biridir. İlk kez tek hücreli alglerden *Chlorella vulgaris* Beijerinck (1890) tarafından üretimi gerçekleştirilmiştir. Bitki fizyolojisini detaylı incelemek için tek hücreli alg kültürleri kullanımı Warburg tarafından geliştirilmiştir (Warburg 1919). Mikroalg yığın kültürü 1948'den sonra (ABD) Stanford'da, Almanya ve Tokyo'da araştırmaların odak noktası olmaya başlamıştır. Ticari mikroalglerin üretimi 1960'ların başlarında Japonya'da *Chlorella* kültürü ile başlamış Tsukada ve diğ. (1977), 1970'lerin başında Soso Texcoco S.A Durand-chastel (1980) tarafından Meksiko, Lake Texcoco 'da *Spirulina* üretim ve kültür tesisinin kurulmasıyla devam etmiştir. 1977'de Tayland'da *Spirulina* tesisi kurulmuştur ve 1980'e kadar Asya da ayda 1000 kg' dan fazla mikroalg üretim kapasiteli (özellikle *Chlorella*) büyük çaplı bir tesis kurulmuştur. Kawaguchi (1980) 1996'dan 2000'e kadar *Chlorella*'nın Japonya da ticareti yapılmıştır. Lee (1997)'de Avustralya da Western Biotechnolgy Ltd. ve Betatene Ltd. tarafından üretim tesisleri kurulduktan sonra –karoten kaynağı olan *Dunaliella salina*'nın ticari üretiminde 3.

büyük mikroalg endüstrisi haline gelmiştir. Bunları daha sonra İsrail ve ABD'deki diğer ticari tesisler takip etmiştir.

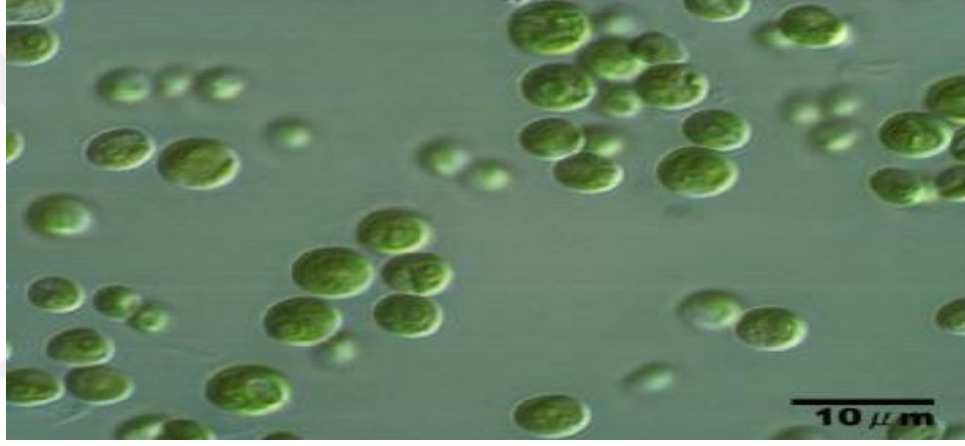
Bu algler gibi siyanobakterinin (mavi-yeşil algler) üretimi üzerine çalışmalar yaklaşık aynı zamanda Hindistanda başlamıştır. Böylece kısa bir sürede biyoteknolojide mikroalg endüstrisi büyük ölçüde gelişmiştir (Kargın, 2006).Doğal büyüme koşulları altında mikroalgler güneş ışığını absorbe eder, atmosferde bulunan mevcut CO<sub>2</sub> kullanır ve sucul ortamdaki besin maddelerinden faydalanır.

Bu nedenle kontrollü üretim sistemleri doğal habitat şartları göz önünde bulundurularak optimum koşullarda çoğaltma ve geliştirme sistemine dayalı olmalıdır (Brennan ve Owende, 2010). Mikroalg üretim sisteminin seçimi mikroalgal üretim sürecinin verimliliğini ve maliyet etkinliğini önemli ölçüde etkileyen bir unsurdur. Biyokütle üretimi için kullanılan mikroalgal kültürasyon sistemleri arasında geniş bir varyasyon vardır (Singh ve Dhar, 2011). Mikroalg üretim sistemleri açık ve kapalı olmak üzere ikiye ayrılabilir. Açık sistemlerde mikroalg kültürasyonu dairesel, eğimli, karıştırmasız ve yarış pisti olarak sınıflandırılan açık havuzlarda gerçekleşir. Kapalı sistemler ise, tüp şeklinde, dikey, düz plaka, halka şeklinde, fermenter tipi ve dahili ışıklandırılmış fotobiyoreaktörler dahil birçok türde kategorize edilebilen fotobiyoreaktör ile gerçekleştirilebilir (Suali ve Sarbatly, 2012;Yılmaz, 2018)

### 3. MATERYAL METOD

#### 3.1. Kültüre Alman Mikroalg Türü

*Chlorella Esp 6* Chlorellaceae familyasından hibrit bir üyedir. Çalışmada kullanılan tür mavi- yeşil algler grubuna ait *Chlorella Esp 6* İstanbul Medeniyet Üniversitesi Bünyesindeki Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümünden temin edilmiştir. *Chlorella Esp* 'nin mikroskopik görüntüsü Şekil 3.1. de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Chlorella Esp-6 'nin mikroskopik görüntüsü (Borowitzka , 1988)

Tek hücreli yeşil mikroalglerin su ürünleri yetiştiriciliği, çevrenin korunması, insan sağlığı yiyecekleri ve biyolojik aktif maddelerin üretimi alanındaki araştırmaları ve uygulamaları hızla artmıştır, ancak her birinin ihtiyacını karşılamak için çok yüksek hücre yoğunluğuna sahip (*Chlorella Esp-6*) kültürü küresel bir çapa sahiptir. ( 5-8,5 µm) çapında küresel bir görünüme sahiptir (Presscott, 1963). (*Chlorella Esp-6*) tek hücreli olmasına rağmen bünyesinde oldukça çeşitli mineral ve vitaminler bulundurur. Doğadaki protein ve klorofil kaynağı olarak yüksek verime sahiptir (Wiyarno ve Widyastuti, 2015). Uygulama alanı mikroalg biyoteknoloji alanında önemli bir projedir. Burada *Chlorella sp*'in etkili heterotrofik kültüründeki ilerlemeler ve biyolojik aktif maddelerin üretimi gözden geçirilmekte ve (*Chlorella Esp-6*) bazı umut verici araştırma alanları öngörülmektedir.(Wang ve Park, 2014)(L. de S. Leite, Hoffmann ve Daniel, 2019)

Çalışmada (*Chorella Esp-6*) için Blue-Green (BG-11) besin ortamı kullanılmıştır. BG-11 besin ortamının bileşimi Şekil 3.2’de verilmiştir. Besleme çalışmaları için kullanılan kimyasallar Merck -Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiş olup analitik saflığa sahiptirler. Aşılama için kullanılacak kimyasal malzemeler ve vitaminler saf suda çözülerek uygun kültür ortamları hazırlanmıştır. Aşılama ortamının sterilizasyonu 121 °C’de 15 dakika otoklavda yapılmıştır.

### 3.2. Aşılama Yapılan Kültür Ortamı

Çalışmada (*Chorella Esp-6*) için Blue-Green (BG-11) besin ortamı kullanılmıştır. BG-11 besin ortamının bileşimi Tablo 3.1’de verilmiştir. Besleme çalışmaları için kullanılan kimyasallar Merck-Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiş olup analitik saflığa sahiptirler. Aşılama için kullanılacak kimyasal malzemeler ve vitaminler saf suda çözülerek uygun kültür ortamları hazırlanmıştır. Aşılama ortamının sterilizasyonu 121 °C’de 15 dakika otoklavda yapılmıştır.

Tablo 3.1. BG-11 besi ortamında kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal	Miktar (g)
NaNO <sub>3</sub>	1,5000
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,0400
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,0750
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0360
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,0029
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.0200
Citric Acid	0,0060
Ferric citrate	0,0060
Vitamin	0,0200

### 3.3. Atıksu Temini ve Karakterizasyonu

Çalışmada kullanılan atıksu, Kocaeli ilinde bulunan 1460 adet/yıl küçükbaş ve büyükbaş hayvan kesim kapasitesine sahip bir mezbahaneden temin edilmiştir.

Tesiste yaklaşık olarak günde 45 m<sup>3</sup> atıksu oluşmaktadır. Bu atıksular üç ana kaynaktan toplanmaktadır. Kaynaklar oluşturan alanlar sırasıyla, kesimin yapıldığı bölgeden gelen ve içeriğini proteinlerin ve lipidlerin oluşturduğu kırmızı sular, sakatat prosesinden ve ağıl temizlemeden gelen atıksular, lavabo kullanımından kaynaklı atıksulardan oluşmaktadır.

Mezbaha atıksularında yoğun kırmızı rengin kaynağı hayvanların vücudundaki kandan ve idrardan kaynaklanmaktadır. Bu atıksular bir tankta toplanmakta, daha sonra da kanalizasyona deşarj edilmektedir. Deneysel çalışmanın yapılması için alınan atıksu tankın çıkışından kompozit olarak alınmıştır. Alınan numuneler 5 L 'lik iki ayrı kaptan alınmıştır (Şekil 3.2).

Mikroalg aşılama ile ilgili çalışmalar yapmak için 5 L' lik bir numune Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Biyoteknoloji Laboratuvarına, diğer 5 L'lik numune ise atıksu karakterizasyon tayini (TN,TP,KOI ve pH ölçümü) için Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarına gönderilmiştir. Tablo 3.2.'de ham atıksuyun karakterizasyonu belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Ham atıksu karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon(mg/L)
KOI	2432
TN	67,22
TP	8,2
pH	5,92

Analizler aynı gün yapılmış olup, mikroalg kültürasyonu işleminden önceki ham atıksu verilerinin ilgili giderim verim hesaplarının yapılması amaçlanmıştır. Endüstriyel atıksuların içeriğinin karmaşıklığından dolayı mikroalg biyokütleden yüksek verim elde etmek için atıksunun kompozisyonu incelenerek, bu kompozisyona toleransı yüksek olan mikroalg türünün seçilmesi artıma verimi bakımından avantaj sağlayacaktır (Chiu et al., 2015).



Şekil 3.2. Atıksu numunesinin alımı

### 3.4. Deneysel Çalışmalar

#### 3.4.1. Mikroalg Kültivasyonu

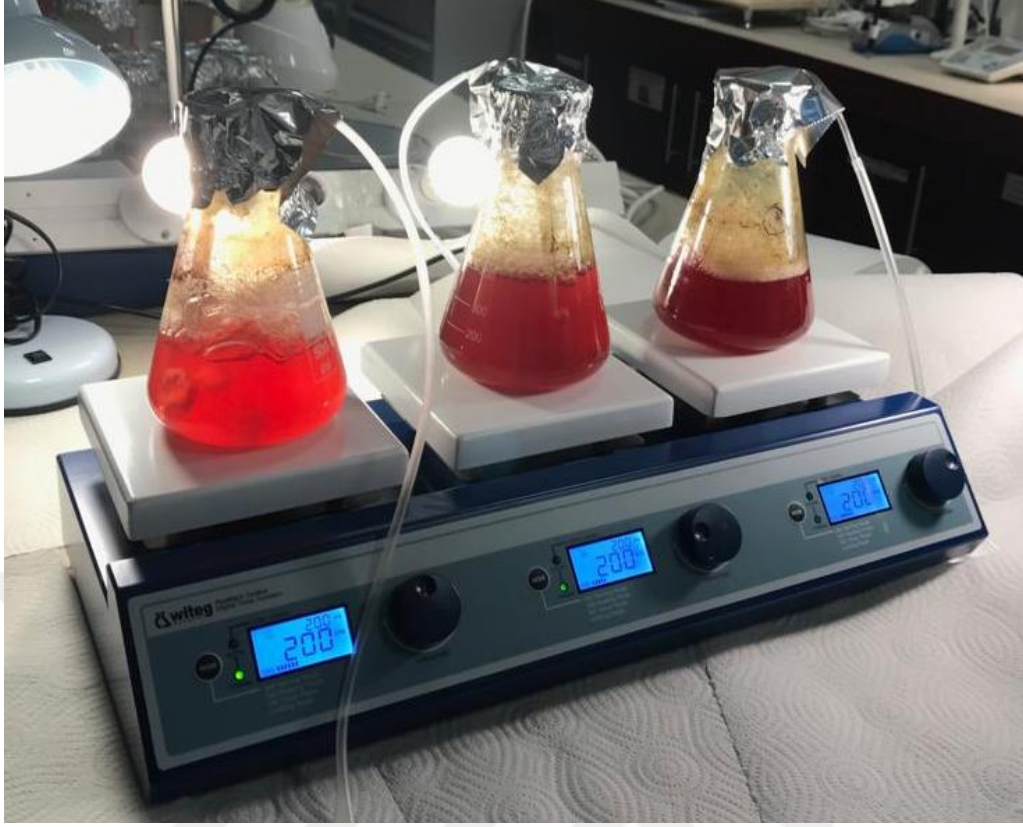
Tez çalışmasında *Chlorella sp 6* mikroalg türünün mezbaha atıksuyu numunelerine aşılama işlemi Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Numunelerin hazırlanışı



Şekil 3.4. Mikroalg ekimi



Şekil 3.5. 1.gün deney düzeneği

Getirilen numuneler 4000 rpm hızında 20 dakika santifrüj edilmiştir. Numuneler 500 ml erlenlere %0 ,%20, %30 musluk suyu ile seyreltildi ve stok kültürden % 5 ml sıvı olarak Chlorella Esp-6 mikroalgi ekimi yapıldı. 21 gün boyunca kültürlerin aydınlatılması 3,80 lüx yüzey ışık şiddeti sağlayacak 7W 2400K değerine sahip OSRAM marka led ampüller ile sürekli olarak sağlanmıştır (24 saat). Çalışmalar boyunca sıcaklık  $25 \pm 2$  °C olacak şekilde sabit tutulmuştur. Deney havalandırılmalı olarak Witeg marka ısıtmalı karıştırıcıda 200 rpm çalkalama hızında 21 gün boyunca inkübe edilmiştir. Kullanılan bütün cam malzemeler 121 °C' de 2 saat etüvde (NÜVE EV 018) bekletilerek steril hale getirildikten sonra kullanılmıştır.



Şekil 3.6. 10. gün deney düzeneği



Şekil 3.7. 21.gün deney düzeneği

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 4.1. Çıkış suyu analiz sonuçları

Parametre	%0 (mg/L)	%20 ( mg/L)	%30(mg/L)
KOI	74	92	94
TN	<1,03	12	1,66
TP	<0,15	1,18	<0,15
pH	9,29	8,84	8,78

Tablo 4.2. Çıkış suyu analiz sonuçları verim hesabı

Verim %	%0	%20	%30
KOI	96,96	96,22	96,13
TN	>98,47	82,14	>97,53
TP	>98,17	85,61	>98,17

$$\% \text{Verim} = ((\text{Giriş Konst} - \text{Çıkış Kont}) / \text{Giriş Konst}) * 100$$

31.12.2004 tarih 25687 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği Tablo 5 Gıda Sanayii Atık Sularının Alıcı Ortam Deşarj Standartları Tablo 5.6 : Sektör Gıda Sanayii (Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında *Chlorella Esp-6* mikroalgi ile yapılan arıtılabilirlik çalışmasının başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. SKKY mezbahalar ve entegre et tesisleri sınır değerleri

Parametre	2 saatlik kompozit numune	2 saatlik kompozit numune
KOI (mg/L)	250	160
Yağ ve gres (mg/L)	30	20
pH	6-9	6-9
Renk (mg/L Pt-birimi)	280	260

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

*Chlorella Esp-6* Mikroalginin mezbaha atıksuyuna uyum sağlayarak istenen şekilde büyüme gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. %0-%20-%30 oranlarında seyreltilen Mezbaha Atıksuyunda en yüksek kirlilik giderimi %0 besi ortamında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla Mezbaha Atıksularında *Chlorella Esp-6* mikroalginin büyüme ve nütrient gideriminin seyreltmeye gerek kalmadan ham atıksuda gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. KOI, TN,TP giderim verimliliği %0 seyreltilmemiş besi ortamında sırasıyla %96,96,>98,47,>98,17 gerçekleşmiştir. Geleneksel atıksu arıtım yöntemlerine göre daha uygun maliyetli bir arıtım yöntemi olduğu görülmüştür. Bu çalışma mezbaha atıksularının arıtılabilirliğini göstermiş olup *Chlorella Esp-6* mikroalginin büyüme ve yağ analizlerinin yapılarak biyoyakıt eldesindeki verimliliği incelenebilir. Mezbaha atıksuyunda farklı birçok mikroalgin büyümesi ve yağ eldesi denenebilir.

Mikroalglerin gelecekte yakıt olarak kullanıldığı proseslerde mezbaha atıksularının büyüme için elverişli olduğu ortaya çıkmıştır.

Mikroalgler ile arıtımın geleneksel arıtma teknolojilerine alternatif, yenilikçi, az maliyetli ve yeşil bir teknoloji olduğu sonucuna varılabilir.

## KAYNAKLAR

Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A. A., Ibraheem, I. B. M., Microalgae and Wastewater Treatment, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2012, **19**(3), 257–275.

Altın N., Chlorella Variabilis Türü Mikroalgin Büyümesine Ve Yağ İçeriğine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2017, 511154.

Arslan A., Veli S., Zeolite 13X for adsorption of ammonium ions from aqueous solutions and hen slaughterhouse wastewaters, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2012, **43**(3), 393–398.

Aslan M. , Mezbağa Atıksularının Membran Biyoreaktörle Arıtılmasında Membran Kirlenme Davranışı. *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi*, 2017, **29**(1), 363–370.

Avery L. M., Killham K., Jones D. L. Survival of E.coli in Organic Wastes Destined for Land Application. *Journal Appl. Microbiol.* ,(2005), **98**(4), 814–822.

Becker E.W., Microalgae- Biotechnology and Microbiology, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1994, **183**, 300–301.

Becker E.W., Micro-algae as a Source of Protein, *Biotechnology Advances*, 2007, **25**(2), 207–210.

Bustillo-Lecompte C.F., Mehrvar M., Slaughterhouse Wastewater Characteristics, Treatment, and Management in the Meat Processing Industry: A Review on Trends and Advances. *Journal of Environmental Management*, 2015, **161**, 287–302.

Cai T., Park S., Li Y., Nutrient Recovery from Wastewater Streams by Microalgae: Status and Prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, **19**,

Çalışkan Eleren S., Öneri, B., Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Biyoyakıt Hammaddesi: Mikroalgler Sustainable and Eco-friendly Raw Materials for Biofuels: Microalgae. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2018.

Çanakçı N., Yüksek Azot ve Fosfor İçeren Atıksuların Ardışık Anaerobik- Foto Biyoreaktör Membran Sistemleri İle Arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2015, 386171.

Çevre Bakanlığı, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü. (1996). *Çevreyi Etkileyen Bazı Sanayiler ve Emel Sektör Faaliyetleri*.

Chisti Y., Biodiesel from Microalgae, *Biotechnology Advances*, 2007, **25**(3), 294–306.

Chiu S.-Y., Kao C.-Y., Chen T.-Y., Chang Y.-B., Kuo C.-M., & Lin, C.-S., Cultivation of microalgal *Chlorella* for biomass and lipid production using wastewater as nutrient resource. *Bioresource technology*, 2015, **184**, 179-189.

De Souza M.P., Hoeltz M., Gressler P.D., Benitez L.B., Schneider R.C.S., General Perspectives and Main Challenges, *Waste and Biomass*, 2018.

Delgadillo-Mirquez L., Lopes F., Taidi B., Pareau D., Nitrogen and Phosphate Removal from Wastewater with a Mixed Microalgae and Bacteria Culture, *Biotechnology Reports*, 2016, **11**, 18–26.

Demirbas A. Use of algae as biofuel sources, *Energy conversion and management*, 2010, **51**(12), 2738-2749.

Demirer P.G.N., Endüstriyel Tesislerden Kaynaklanan Atık Suların Karakterizasyonu, Kirlilik Yüklerinin Tahmini ve İzlenmesi Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Koşulları: ASKİ Örneği Endüstriyel Tesislerden Kaynaklanan Atık Suların Karakterizasyonu, *Endüstriyel Atık Su İzleme ve Kontrolü Eğitim Semineri*, Ankara, 2005.

Dragone G., Fernandes B. D., Third Generation Biofuels From Microalgae, *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 2010, **2**, 1355–1366.

FAO. (2013). Biannual Report on Global Food Markets. Meat and Meat Products. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations (UN).

Gonçaves A.L., Pires J.C.M., Simões M., A Review on the Use of Microalgal Consortia for Wastewater Treatment, *Algal Research*, 2017, **24**, 403–415.

J Wu, Doan H., Disinfection of Recycled Red-meat-processing Wastewater by ozone, *Chemical Engineering Journal*, 2000, **80**(7), 828–833.

Kargın H., Mikroalg Üretimi İçin Fotobiyoreaktör Tasarımları, *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences Cilt Aquaculture*, 2006, **231**(2), 327–332.

Keris Sen U.D., Sen U., Soydemir G., Gurol M.D., An Investigation of Ultrasound Effect on Microalgal Cell Integrity and Lipid Extraction Efficiency, *Bioresource Technology*, 2014 , **152**, 407–413.

Leite G.B., Abdelaziz A.E.M., Hallenbeck P.C., Algal biofuels: Challenges and Opportunities, *Bioresource Technology*, 2013, **145**, 134–141.

Leite L.S., Hoffmann M.T., Daniel L.A., Microalgae Cultivation for Municipal and Piggery Wastewater Treatment in Brazil, *Journal of Water Process Engineering*, 2019, **31**, 100-821.

Mittal G.S., Treatment of Wastewater from Abattoirs Before land Application a review, *Bioresource Technology*, 2006, **97**(9), 1119–1135.

Oğuz M., Oğuz M., Characterization of Ankara Meat Packing Plant Wastewater and Treatment with a Rotating Biological Contactor, *Int. J. Environ. Stud.*, 1993, **44**(1), 39–44.

Oktor K., Mikroalglerin Çevre Teknolojilerindeki Yeri, *Çevre Bilim Ve Teknoloji*, Güven Plus Grup A.Ş Yayınları, 2018, 330–343.

Özcan P., Mezbaha Endüstrisi Atıksularında Magnezyum Amonyum Fosfat Çöktürmesi İle Azot Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.

Özyonar F., Karagözoğlu B., Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi Üzerine Bir Çalışma: Kimyasal Koagülasyon Prosesiyle Ön Arıtımı, A Study on Removal of COD, Oil-grease and Turbidity from Meat Slaughterhouse Wastewater: Pretreatment by Chemical Coagulation, 2011, **1**(1), 1–15.

Pierson J.A., Pavlostathis S.G., Real-time Monitoring and Control of Sequencing Batch Reactors for Secondary Treatment of a Poultry Processing Wastewater, *Water Environmental Res.*, 2000, **72**, 585–592.

Presscott G., Ecology of Alaskan Freshwater Algae II. Introduction General Considerations. *Transactions of the American Microscopical Society*, 1963, **82**(1), 83–98.

Ruiz-Marin A., Mendoza-Espinosa L.G., Stephenson T., Growth and Nutrient Removal in Free and Immobilized Green Algae in Batch and Semi-continuous Cultures Treating Real Wastewater, *Bioresource Technology*, 2010, **101**(1), 58–64.

Shen Q.H., Gong Y.P., Fang W.Z., Bi Z.C., Cheng L.H., Xu X.H., Chen H.L., Saline Wastewater Treatment by *Chlorella Vulgaris* with Simultaneous Algal Lipid Accumulation Triggered by Nitrate Deficiency, *Bioresource Technology*, 2015, **193**, 68–75.

Şişman A.G., Mikroalg Teknolojisi ve Çevresel Kullanımı, *Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 2019, 81–92.

Şişman A.G., Bizi Mikroalg Kurtaracak, *Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi*, 2018, 496–505.

Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E., Isambert A., Commercial Applications of Microalgae, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2006, **101**(2), 87–96.

Tevkur S., Mezbaha Atıksularının Elektrokoagülasyon Prosesi Kullanılarak Arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli, 2019, 534705.

Ting H., Haifeng L., Shanshan M., Zhang Y., Zhidan L., Na D., Progress in Microalgae Cultivation Photobioreactors and Applications in Wastewater Treatment: A review, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2017, Topal M., Topal E.I.A., Bir Entegre Et Tesisine Ait Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Yaz Sezonunda Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ne Uygunluğunun Araştırılması, 2011, **13**(1), 68–77.

Umut M., Ön Arıtılmış Deponi Sızıntı Suyunda Mikroalg Büyütülmesi, 2015, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 151, doi.org/10.1145/3132847.3132886.

Vinueza-Burgos C., Cevallos M., Cisneros M., Van Damme I., De Zutter L., Quantification of the Campylobacter Contamination on Broiler Carcasses During the Slaughter of Campylobacter Positive Flocks in Semi-industrialized Slaughterhouses, *International Journal of Food Microbiology*, 2018, **269**, 75–79.

Vonshak A., Recent Advances in Microalgal Biotechnology, *Biotechnology Advances*, 1990, **8**(4), 709–727.

Wang L., Addy M., Lu Q., CobbK., Chen P., Chen X., Ruan R., Cultivation of Chlorella Vulgaris in Sludge Extracts: Nutrient Removal and Algal Utilization. *Bioresource Technology*, 2019, **280**, 505–510.

Wang M., Kuo-Dahab W.C., Dolan S., Park C., Kinetics of Nutrient Removal and Expression of Extracellular Polymeric Substances of the Microalgae, Chlorella sp. and Micractinium sp., in Wastewater Treatment, *Bioresource Technology*, 2014, doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.047

Whitton R., Le Mével A., Pidou M., Ometto F., Villa R., Jefferson B., Influence of Microalgal N and P Composition on Wastewater Nutrient Remediation, *Water Research*, 2016, **91**, 371–378.

Wiyarno Y., Widyastuti S., Isolation and Identification Odorous Chemical Markers of Wastewater Poultry Slaughterhouse, *Procedia Environmental Sciences*, 2015, **23**, 400–406.

Yılmaz S., Endüstriyel Atıksularda Mikroalgal Nutrient Giderimi ve Biyodizel Üretim Verimliliği : Süt Endüstrisi Örneği, Çukurova Üniversitesi, 2018.

Zhan, X., Healy M.G., Li J., Nitrogen Removal from Slaughterhouse Wastewater in a Sequencing Batch Reactor Under Controlled Low DO Conditions, *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2009, **32**(5), 607–614.

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Oktor K., **Metin M.H.**, Mezbaha Atıksuyunun Mikroalg İle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (IMASCON)*, Kocaeli, Türkiye, 26-28 Nisan 2019.



## ÖZGEÇMİŞ

Merve Hazal Metin, 1992 yılında Siirt'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Siirt'te tamamladı. 2010 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2012 yılında yatay geçiş programı ile Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne geçti. 2014 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2016-2019 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2016 yılından itibaren Universal Yazılım A.Ş.'de Analiz Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

