

EGE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA
PROJE KESİN RAPORU
EGE UNIVERSITY SCIENTIFIC
RESEARCH PROJECT REPORT

PROJE NO: 10-SÜF-019
(Yüksek Lisans)

ATIKSULARDA MİKROALG ÜRETİMİ

PROJE YÖNETİCİSİ
Doç. Dr. Yaşar DURMAZ

ARAŞTIRMACI
Prof.Dr. Şevket GÖKPINAR
Z. Vezan KARABULUT
Gamze Aydoğan

Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü
Faculty of Fisheries
Department of Aquaculture

Bornova-İZMİR
2014

ÖNSÖZ

Ülkemizde toplam kullanılabilir su miktarı 112 milyar m³'dür. Ülkemizin, bir yılda kişi başına düşen yaklaşık 1566 m³ lük kullanılabilir tatlı su miktarı dikkate alındığında, su zengini bir ülke olmadığımız ortadadır. Su kaynaklarımızı akıllıca, israf etmeden kullanmak mecburiyetindeyiz.

Evler, endüstriler ve hayvan bakıcılığından gelen sıvı atıkların çoğu fotosentetik mikroalgler için uygun bir ortam sağlar. Mikroalgler bu tip uygun ortamlara maruz bırakıldığında aşırı hızla ürer ve solar enerjiyi selüler materyal ve ısıya dönüştürür. Isı birkaç yoldan atık gideriminde yararlıdır: hem aerobik hem de anaerobik mikrobiyal atıkların sırasıyla oksidasyon ve indirgenmesini destekler ve atıklarda mevcut olabilen patolojik organizmaların ölümünü hızlandırır. Fotosentetik okijenin salınımı aerobik mikrobiyolojik atık oksidasyonunu sağlar; ve fotosentez sırasında CO₂'in alınımı, atığın pH'ını bazı patojenik bakteri ve virüsler için ölümcül bir noktaya arttırır.

Algler, gündüz periyodunda atmosferdeki karbondioksidi büyük bir jeneratör gibi emmekte ve insan ile diğer canlıların yaşamı için hayati öneme sahip olan oksijeni üretmektedirler. Alglerden elde edilen biyomasın yanı sıra hücresel olarak bünyelerinde biriktirdikleri kıymetli metabolitlerin yüksek ticari değere sahip olmasının yanısıra bazı türlerin çevre ile ilgili uygulamalarda özellikle de atık suların arıtılmasında kullanılabilmesi mikroalglere mevcut ilgiyi daha da arttırmakta ve biyoteknolojide yoğun araştırmaların yapıldığı bir alan haline getirmektedir.

Bu proje kapsamında türlerin sağlanmasında, kültür çalışmalarında gerekli malzeme desteklerinde bulunan AKVA-TEK-SU ÜRÜNLERİ TURİZM SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ kuruluşuna teşekkür ederiz.

Doç. Dr. Yaşar DURMAZ

ÖZ

Bu proje kapsamında, atıksu tesisinden ve su ürünleri kuluçkanesinin atık sularından alınan örneklerde *Spirulina platensis*, *Nannochloropsis oculata*, , *Tetraselmis suecica* ve *T. chuii*, *Porphryidium cruentum*'ün kültürünün yapılabilirliğini test etmek ve kültürü yapılan sularda kimyasal arıtımının olabirliğini araştırılması amaçlanmıştır.

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla Tesis plankton kültürü laboratuvarında; kültürleri yapıldı. İzmir İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü laboratuvarlarında analizler yapılmıştır. Plankton kültürü laboratuvarında Çiğli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis (ham atıksu), Su Ürünleri Kuluçkanesi (üretim sonu atıksu), Çiğli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis (ön çökeltim sonu) atıksularında 5 alg türünün kültürleri yapılmıştır. Böylelikle atıksularda alg türlerinin gelişebildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda *Spirulina platensis*'in atık su da hücre sayılarında artış olduğu gözlenildi. Amonyak azotu değerinin 0,536 mg.l⁻¹ den 0,0 mg.l⁻¹, fosfat fosforun 1.89mg.l⁻¹'den 0,462 mg.l⁻¹'e, ve toplam fosforun 82,9mg.l⁻¹'den 0,511mg.l⁻¹'e düştüğü tespit edilmiştir. BOİ ve KOİ değerlerinin ise sırasıyla 110 mg.l⁻¹ dan 2,8 mg.l⁻¹ ve 332 mg.l⁻¹ den 120 mg.l⁻¹ düşmüştür. Ham atık suda *Spirulina platensis* kültürü yapılarak biyomas elde edilmiş ve ayrıca kimyasal olarak iyileştirilmesi sağlanmıştır

Anahtar Kelimeler: Mikroalg, atıksu, arıtma, *Spirulina*

ABSTRACT

In this project, it was aimed to culture of microalgae in wastewater samples, which was come from wastewater treatment center and aquaculture hatchery farm, and tested to chemically treatment as used to algae. It was used to as algae; *Spirulina platensis*, *Nannochloropsis oculata* in, *Tetraselmis suecica* *T. chuii*, *Porphrydium cruentum*.

The algae were cultured at Ege University Faculty of Fisheries in Urla plankton culture laboratory and the analysis were carried out at Izmir Provincial Directorate of Control laboratories. Plankton culture in the laboratory Çiğli Advanced Biological Wastewater Treatment Plant (raw wastewater), Fisheries Kuluçkane (production end wastewater), Çiğli Advanced Biological Waste water Treatment Plant (primary sedimentation end) wastewater in the five species of algae culture were made. Thus, the arrival of wastewater has been found that the algal species. As a result of the wastewater *Spirulina platensis* is also an increase in the number of cells was observed. 0.536 mg.l⁻¹ of ammonia nitrogen value of 0.0 mg.l⁻¹, phosphate phosphorus 1.89mg.l 0.462 mg.l⁻¹, and total phosphorus 82.9mg.l⁻¹ 0.511mg.l⁻¹ has been found to fall into. BOD and COD values of 110 mg.l⁻¹, respectively, from 2.8 mg.l⁻¹ and 332 mg.l⁻¹ was reduced to 120 mg.l⁻¹. *Spirulina platensis* biomass raw wastewater is obtained by making culture and also improved in chemically

1. GİRİŞ

Dünyada yılda 40.000 km³ tatlı su okyanuslardan karalara transfer olmaktadır. Bu suyun büyük bir kısmı taşkın vb. nedenlerle kaybolurken kullanılabilir su miktarı yıllık olarak 9.000 km³ olmaktadır. Dünya nüfusunun yıllık su gereksinimi kişi başına ortalama 350 m³ civarındadır. Ancak su kirlenmesi nedeni ile su gereksinimi kişi başına 700 m³ değerine ulaşmaktadır. Şu an dünya üzerindeki suyun ancak 13 milyar insana yeteceği düşünülmektedir. Dünya nüfusunun zaman içinde artışı ve su kaynaklarının dünya üzerinde eşit olarak dağılmaması (Afrika ve Ortadoğu vb.) gibi nedenlerle su kirliliği önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkemizde toplam kullanılabilir su miktarı 112 milyar m³'dür. Ülkemizin, bir yılda kişi başına düşen yaklaşık 1566 m³ lük kullanılabilir tatlı su miktarı dikkate alındığında, su zengini bir ülke olmadığımız ortadadır. Su kaynaklarımızı akıllıca, israf etmeden kullanmak mecburiyetindeyiz.

Pissu Arıtma, gün geçtikçe hızlı bir şekilde kirlenmekte olan temel yaşam kaynağı suyun evsel veya endüstriyel amaçlarla kullanıldıktan sonra ıslah edilmesi işidir. Atıksu arıtımı, çeşitli kullanımlar sonucu oluşan atık suların deşarj edildikleri alıcı ortamın fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirmek için uygulanan fiziksel kimyasal ve biyolojik proseslerin birini ya da birkaçını kapsamaktadır. Bu arıtım işlemi fiziksel, kimyasal veya biyolojik yollarla yapılabilinmektedir:

Kimyasal arıtım, atık suyun hızlı ve yavaş karıştırma ünitelerinde çeşitli kimyasallar eklenip, bu kimyasalların atık suyun içindeki kirleticiler ile reaksiyona girerek çökmesi ile oluşur. Biyolojik arıtma, evsel veya endüstriyel atık suların oksijenli veya oksijensiz bakteriler yardımı ile biyolojik olarak parçalanması ile gerçekleşir. Fiziksel arıtma, hiçbir kimyasal veya bakteri kullanmadan mekanik işlemlerle fiziksel olarak atık suyun içindeki yağ ve kaba atıkların ızgara, yağ sıyırıcı paletler ve benzeri düzenekler ile uzaklaştırılmasıdır.

Atıksu arıtma işlemlerinden önce atık suyun karakteri, suyun kalitesi ve maliyet ön plana çıkmaktadır. Kirleticinin askıda, koloidal veya çözünmüş, biyolojik parçalanabilen gibi hangi formda olduğunu, ayrıca çıkış suyunun zehirlilik (bioassay) deney sonuçları gibi ileriye

yönelik istenebilecek deşarj kısıtlamalarına da planlamada yer verilmelidir. İstenen arıtma verimine çoğu zaman bir veya daha fazla arıtım kombinasyonu ile ulaşılabilir. Ancak bu seçeneklerden yalnızca bir tanesi en ekonomiktir. Bu nedenle işlem tasarımına geçmeden önce detaylı bir fizibilite analizi yapılmalıdır.

Algler, gündüz periyodunda atmosferdeki karbondioksidi büyük bir jeneratör gibi emmekte ve insan ile diğer canlıların yaşamı için hayati öneme sahip olan oksijeni üretmektedirler. Alglerden elde edilen biyomasın yanı sıra hücresel olarak bünyelerinde biriktirdikleri kıymetli metabolitlerin yüksek ticari değere sahip olması ve bazı türlerin çevre ile ilgili uygulamalarda kullanılabilmesi mikroalgelere mevcut ilgiyi daha da arttırmakta ve biyoteknolojide yoğun araştırmaların yapıldığı bir alan haline getirmektedir.

Farklı atıksu tesisinden ve su ürünleri kuluçkanesinin atık sularından alınan örneklerde çeşitli mikroalg ve Cyanobakteri türünün kültürünün yapılabilirliğini test etmek ve kültürü yapılan sularda kimyasal arıtımının olabilirliğini araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1.Su ve Atıksu Kavramları

Su; molekül olarak iki hidrojen ve bir oksijen atomunun kovalent bağ yapması sonucu oluşan vazgeçilmez bir maddedir.

Atık su; özellikle antropojenik faaliyetler (doğada insanoğlunun neden olduğu etkiler) sonucunda oluşan kullanılmış sulardır.

Toprak (1995) Kentlerdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme nedeniyle kullanılan su miktarı sürekli olarak artmaktadır. Buna bağlı olarak artan atıksuların arıtılması ve uzaklaştırılması için belediye ve sanayi kuruluşlarının önemli bir bütçe ayırmaları gerekmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında yüksek maliyetli klasik atıksu arıtma tesislerinin yerine daha düşük maliyetli yöntemlerin kullanılması tercih edilmektedir. Bu nedenle tropik ve subtropik iklime sahip bölgelerde atık suların arıtılması için düşük ön yatırım ve işletme maliyeti olan stabilizasyon havuzları kullanılmaktadır. Bu yöntemde atık suyun oksidasyonu ve stabilizasyonu, havuz içerisine alınan atık suyun belli bir bekletme süresi sonunda meydana gelen mikrobiyal faaliyetlerle gerçekleşmektedir (Kemiksiz ve Elmacı, 2004).

Atıksu akıntılarını oluşturan kaynaklar evsel, endüstriyel, sızıntı/akıntı ve yağmur atık sularıdır.

I. Evsel (domestik) atık sular: Evlerden, ticari işletmelerden, kurumlardan ve benzer binalardan boşaltılan atık su.

II. Endüstriyel atık sular: Endüstriyel atıkları içeren atık sular.

III. Sızıntı / Akıntı: Su direkt veya indirekt yolla kanalizasyona girmektedir. Sızıntı, yüzey sularının; sızıntı yerleri, çatlaklar, kırıklar veya kanalizasyon borularının porlu duvarlarından kanalizasyon sistemine girmesidir. Akıntı ise yağmur ve kar sularının çatılardan yerlere, buradan mazgallara akarak veya caddelerdeki üstü yuvarlak kapaklı yeraltındaki kablo sistemlerinin tamiri için ayrılmış delikler vasıtasıyla kanalizasyon sistemine ulaşmasıdır.

IV. Yağmur Suları: Yağmur yağmasıyla veya karların erimesiyle oluşan sular.

Atık su arıtımıyla ilgili kontaminantlar ve onların öneleri tablo 1’de anlatılmıştır.

Tablo 1. Atıksu arıtımıyla ilişkili önemli kontaminantlar (Eltem, 2008)

Kontaminantlar	Önemi
Suspanse katı maddeler	İşlem görmemiş atık su akuatik çevreye boşaltıldığı zaman çamur birikintilerinin gelişmesine ve anaerobik koşullara yol açabilmektedir.
Biyolojik olarak parçalanabilen maddeler	Prensip olarak proteinler, karbonhidratlar ve yağlardan oluşan biyolojik olarak parçalanabilen organik maddeler genellikle BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) ve KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) terimleriyle ölçülmektedir. Eğer çevreye arıtım yapılamadan boşaltılırsa bunların biyolojik stabilizasyonu doğal oksijen kaynaklarının tüketimine ve septik koşulların oluşumuna yol açabilmektedir.
Patojenler	Bulaşıcı hastalıklar atık sudaki patojen organizmalarla geçebilmektedir.
Besin maddeleri (N,P)	Karbonla birlikte hem azot hem de fosfor büyüme için gerekli besin maddeleridir. Bu besin maddeleri akuatik yaşamda istenmeyen büyümelere yol açabilmektedir. Bunlar fazla miktarlarda araziye boşaltıldığı zaman yer altı sularının polusyonuna da yol açabilmrktedir.

Önemli pollutantlar	Karsinojenitesi, mutajenitesi, teratojenitesi veya yüksek akut toksisitesi bilinen ve şüphelenilen maddelerden seçilmiş olan organik veya inorganik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin bir çoğu atık sularda bulunmaktadır.
Zor parçalanan organik maddeler	Bu organik maddeler geleneksel atık su arıtım metotlarına direnç gösterirler. Tipik örnekleri sürfaktanlar, fenoller ve zirai pestisitlerdir.
Ağır metaller	Ağır metaller genellikle ticari ve endüstriyel aktiviteler sonucu atık suya verilmektedir ve eğer atık su yeniden kullanılacaksa bunların mutlaka giderilmesi gerekmektedir.
Çözünmüş inorganik maddeler	Kalsiyum, sodyum ve sülfat gibi inorganik maddeler orijinal olarak evlerde kullanılan suda bulunurlar. Eğer atık su yeniden kullanılacaksa giderilmesi gerekmektedir.

2.2. Atıksular Hakkında Yönetmelikler

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)

- Çevre ve Orman Bakanlığı'na yayınlanır.

- Amaç Madde 1: Bu yönetmelik, Ülkenin yer altı ve yer üstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacıyla korunması, en iyi biçimde kullanımının sağlanması ve su kirlenmesinin önlenmesi sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli hukuki ve teknik esasları ortaya koymaktır.

Kanalizasyon Atık Su Yönetmeliği (KASY)

- Çevre ve Orman Bakanlığı'na yayınlanır.
- MADde 3 - b Kanalizasyon sebekesi bulunan yerlerde her atıksu kaynagının kanalizasyon sebekesine bağlanması zorunludur. Atıksular kesinlikle çevreye boşaltılamaz.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği

- Çevre ve Orman Bakanlığı'na yayınlanır.
- **Amaç Madde 1** — Bu Yönetmeliğin amacı, kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumaktır.

2.3. Biyolojik Arıtımın Amacı

Atık suların biyolojik olarak arıtım amacı; dibe çökelmeyen kolloidal katı maddelerin koagüle edilmesi ve uzaklaştırılması ile organik maddenin stabilize edilmesidir. Evsel atık sular için başlıca hedef ise, genellikle azot ve fosforlar gibi besinleri ve organik madde içeriğini azaltmaktır (Eltem, 2008)

2.4. Biyolojik Arıtımda Önemli Mikroorganizma Grupları

Prokaryotik gruplar olan bacteria ve archea biyolojik arıtımda oldukça önemli olup genellikle bakteriler olarak bahsedilmektedir. Eukaryotik mikroorganizmalardan biyolojik arıtımda önemli olanlar ise funguslar, protozoa, metazoa (rotiferler) ve alglerdir.

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 problemi sebebiyle de çok önemlidirler. Bu nedenle günümüzde arıtım proseslerinde azot ve fosforun uzaklaştırılması konusu oldukça önem kazanmıştır (Eltem, 2008).

2.5. Mikroalgler ve Atıksu Arıtımı

Mikroalgler, ticari değerli bazı metabolitleri biriktirme özelliği gösteren mikrobiyal kaynaklardır. Algler; karbonhidratları, proteinleri, esansiyel amino asitleri, vitaminleri ve biyoaktif molekülleri içermekte ve üretmektedir. Alg formlarının çoğu yüzyıllardır gıda olarak tüketilmekte ve sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle kullanılmaktadır. Algler renklerine göre, yeşil algler, kahverengi algler, kırmızı algler, olarak bilinmektedir. Ürettikleri önemli pigmentler; Klorofil a, b ve c, β -Karoten, Astaksantin, Fikosiyanin, Ksantofil, Fikoeritrosin'dir. Bu pigmentler gıdalarda, eczacılıkta, tekstilde ve kozmetik sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır (Çelikel et al., 2006).

2.5.1 Mikroalg

Mikroskobik mikroalgler, polisakkarit içerikleri için toplanan ve yıllarca agar, alginik asit ve karagenin ticari olarak üretildiği makroalglerin (deniz yosunları) tersine nadiren ticari olarak kullanım alanına sahip olmuşlardır. Bundan dolayı en az 30.000 tür içeren mikroalgler keşfedilmesi gereken doğal kaynaklardır (Richmond, 1986). Ekonomik amaçlar doğrultusunda mikroalg üretiminin pek çok avantajı tanımlanabilir;

a) Mikroalglerin kültüre alınması organik madde üretiminde solar enerjinin kullanılması için verimli bir sistem görevini üstlenir. Çoğu mikroalgler yıl boyunca ve çoğu karasal bitkiden daha hızlı büyür. Tek hücreli organizma olmalarından dolayı tüm vücut istenen ürünü içermektedir. Tersine karasal bitkilerde ise ürünler, genelde sadece meyve, tohum, yapraklar ve kökler gibi belirli bölgelerde konumlanmıştır. Ayrıca pek çok algin proteinler, yağlar, nişasta, gliserol, doğal pigmentler ve biyopolimer gibi ticari öneme sahip bileşiklerin oldukça yüksek konsantrasyonlarını üretmek için fizyolojik olarak değişikliklere adapte edilmesi gereklidir (Richmond, 1986; Cohen, 1999).

b) Bazı mikroalg türleri sıcak çöl iklimlerinde, bilinen zirai bitkiler için uygun olmayan deniz suyu ve acı su gibi bazı kaynakları kullanarak iyi derecede gelişim gösterebilir. Ayrıca kültürün popülasyon yoğunluğu da yüksek solar aydınlatmanın optimal şekilde kullanımı için ayarlanabilir.

c) Çoğu algin hayat siklusü birkaç saat içinde tamamlanır ve bu işlem genetik seleksiyon ve düzeltmeler ile daha da kolay ve hızlı hale gelir. Bu özellik, özellikle mavi-yeşil algler (siyanobakteriler) için doğru olup, zamanla algal biyoteknolojide öneme sahip olacaktır.

Çeşitli besleme denemeleri pek çok mikroalgin bir protein desteği olarak balık, büyükbaş hayvan, domuz ve tavuklar için yüksek değere sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Ayrıca pek çok çalışma da hedef hayvanlar üzerinde alglerin kalitesini değerlendirmek için yapılmalıdır. Alglerin bir besin olarak potansiyellerini değerlendirmek için, monogastrik vertebratlar ve geviş getirenler tarafından kullanımlarını ayırmak önemlidir. Çünkü bunlardan birinci kategoride olanlar selülozik bitki materyalini sindirebilme yeteneğinde değildir. Özellikle *Chlorophyceae*'de bulunan selülozik hücre duvarının, proteinli hücre içeriğini proteolytic enzimler aracılığıyla sindirilebilir hale getirmek için kırılması gerekir.

Yüksek masraflar günümüzde mikroalglerin bir hayvan yemi olarak geniş bir şekilde kullanımını engellemektedir ve bugün için mikroalglerin ticari çıktısı sadece akuakültürde karides, mollusk larvaları ve bazı balıkların yetiştirilmesi amacıyla (Richmond ve Becker, 1986).

Substratlarına bağlı olmalarından dolayı, bentik siyanobakteriler uygun olmayan çevresel koşullardan kaçamaz ve bundan dolayı bu türlerin yaşamları ve üremeleri yaşadıkları bölgede hakim olan değişken koşullara adaptasyonlarının kompleks bir bütününe bağlıdır. Bu, asılı kil parçacıklarını biriktirme ve çöktürme yeteneğindeki ekstraselüler flokülantların üretimini de içermektedir ve sonuçta bulanık sularda ışığın, bentiğe kadar ulaşmasına izin verilmiş olunur. Fattom ve Shilo (1984) büyümenin durgunluk fazında bir flokülant üreten *Phormidium*'un bir suşunu rapor etmiştir ve diğer bir çalışmada ise Bar-Or and Shilo (1988), *Phormidium* ve *Anabaenopsis circularis*'den üretilen bentik siyanobakteriyel flokülantların

Üretim, saflaştırma ve özelliklerini tanımlamıştır (Richmond 2004). Bu kişiler, siyanobakteriyel floklantlarda çok büyük çeşitlilik görüldüğünü ve bunun da kimyasal ve besin endüstrilerindeki kolloidlerin sedimentasyonu, rezervuarlardaki suyun temizlenmesi ve atık su iyileştirmesi gibi endüstriyel uygulamalarda mit verici olduğunu göstermişlerdir.

2.5.2.Enerji rn Olarak Mikroalgler

Bazı mavi-yeşil alg türleri (Siyanobakteriler) hidrojen (H₂) retimi bakımından mkemmeldirler. Nitrojen ve oksijensiz atmosferleri kullanarak maksimum hidrojen ürünü elde edilir. Serbest hidrojen üreten en başarılı biyofotoliz sitemi, heterosistli siyanobakterilerin nitrojence sınırlı kültürleri üzerine oluşturulmuştur. Bugüne kadar elde edilen hidrojen ürünü pratikte çok düşük olmakla beraber *Chlamydomonas reinhardtii*'nin değişen aydınlık-karanlık devirler ile hidrojen üretimine patent alınmış, fakat Metan retimi de hala geniş araştırmalara konu olan diğer bir olgu olup, birkaç mikroalg biyoması anaerobik sindirim ile başarıyla metana dönüştürülmüştür (Cohen, 1999). Keenan ve Blackshaw (1999), *Anabaena flos-aqua* yığının üretimi için ihtiyaç duyulan enerji girişlerinin, üretilen metanın yakıt değerinin sadece % 12'sini oluşturacağını tahmin etti.

Solar enerjiyi kullanılabılır enerjiye çevirmede biyolojik metotlara alternatif bir yaklaşmanın da, silikon kristallerin kullanımı ile solar enerjinin direkt olarak elektrik enerjisine dönüşümünü kapsayan fotovoltai'ler ile sağlanabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu prosesin teorik verimliliği yaklaşık % 15 civarında olup, solar enerjinin kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü fotosentezdeki pratik verimliliğin çok üzerindedir. Aynı zamanda elektrik üretmek için buhar trbınlerine sevketmede solar enerjinin kullanımındaki ilerleme de hızla gelişmektedir. Ayrıca algeri bir besin, yem veya özel doğal ürün kaynağı olarak kullanma ihtimali, mikroalgeri enerji üretmek amacıyla kullanmadan, genelde önemli derecede çok daha cezbedici görülmektedir. Bundan dolayı fikrime göre enerji üretimi için mikroalglerin kullanılması olgusu, uzun süreli düşüncede mit verici görülemez.

2.5.3. Nitrojenli Biyogbreler

Siyanobakteriyel türlerin büyük çoğunluğu N₂-fiksedici olarak bilinmektedir ve pirinç tarlası ekosistemlerinde oluşmaktadır. Gerçekte pirinç tarlalarındaki tüm dominant

siyanobakteriler azot fiksedicidir ve bu bakımdan, dünya popülasyonunun yaklaşık yarısının besinini sağlayan pirincin gübre eklenmeden yüzyıllarca çeltiklerde sürekli olarak nasıl büyüdüğü bu açıklamanın altında yatar (Watanabe et al., 1988; Roger and Watanabe, 1986).

Venkataraman'a göre (1981), çeltiklerde azot bağlamak için gübre olarak mavi-yeşil alglerin kullanımı olgusu, daha sonra Hindistan'da geliştirilmiştir.

Endojenli N₂-fikseden siyanobakterilerin gelişiminin yanında seçilen suşların ekimindeki teşebbüslerin desteklenmesinin önemi, üre veya amonyak kaynaklı azot gübreleri pirinç ürününü sulayan sel suyuna uygulandığında desteklenir ve gübre kullanım verimliliği sıklıkla yüksek pH'dan dolayı düşüktür. Roger ve Watanabe (1986)'ye göre bir algal patlama hektarda 15-25 kg nitrojenlik bir değerde meydana gelebilir.

Nitrojen gübresi olarak azot fikseden siyanobakterilerin kullanımı yine de bazı problemler tarafından engellenir ve en önde geleni de ekonomik bir fiyatta iyi başlangıç kültürleri üretmek için prosesin endüstrileşmesindeki yetersizliktir. Ayrıca pirinç ekosistemlerinde üstün duruma geçerek, bazı zamanlar ekilen siyanobakterilerin gelişimini ciddi şekilde engelleyen çevresel koşulların yeterince anlaşılamaması da diğer bir faktördür. Yine, bağlanmış nitrojenin pirinç bitkileri tarafından kullanım verimliliği oldukça düşüktür (Watanabe et al., 1988), ve eforlar bundan dolayı hem sabit azotun prolifik üreticileri olacak hem de bunu sürekli olarak dışarı salgılayarak gelişen pirinç bitkileri için mevcut hale getirebilecek uygun suşların izolasyonu yönünde genişletilmektedir.

2.5.4. Atıksu Temizlenmesi

Evler, endüstriler ve hayvan bakıcılığından gelen sıvı atıkların çoğu fotosentetik mikroalgler için uygun bir ortam sağlar. Mikroalgler bu tip uygun ortamlara maruz bırakıldığında aşırı hızla ürer ve solar enerjiyi selüler materyal ve ısıya dönüştürür. Isı birkaç yoldan atık gideriminde yararlıdır: hem aerobik hem de anaerobik mikrobiyal atıkların sırasıyla oksidasyon ve indirgenmesini destekler ve atıklarda mevcut olabilen patolojik organizmaların ölümünü hızlandırır. Fotosentetik okijenin salınımı aerobik mikrobiyolojik atık oksidasyonunu sağlar; ve fotosentez sırasında CO₂'in alınımı, atığın pH'ını bazı patojenik bakteri ve virüsler için ölümcül bir noktaya arttırır.

Bu olgu, Oswald ve yardımcıları (1975) tarafından Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley’de geliştirilen ve atık suyun temizlenmesinde alglerin kullanımı için temeldi. Esasta atıklarda bakteriyel oksidasyonun son ürünü hemen, sudan giderilip bazı ekonomik amaçlar için kullanılacak algal hücrelerce alınır, ve aynı anda üretilen oksijen, ilave atıkların oksidasyonunda bakteriler için hemen mevcut duruma gelecektir. Kontrollü ve yoğun bir atık iyileştirme prosesi için algler ve bakterilerin bu tip bir kombinasyonu “yüksek oranlı oksidasyon havuzu” (HROP) olarak bilinir (Grobbelaar, et al., 1990). Burada sığ havuzlar (30-40 cm) bir kanal formunda inşa edildi ve su sürekli olarak tüm alglerin dibe batmaya meyilli olacağı şekilde yeterli bir hızda karıştırıldı.

Atık su iyileştirilmesinde etkili olunması için algal biyomas verimli bir şekilde giderilmeli ve bu son işlem için çeşitli prosedürler takip edilebilir. Hasat işlemi genelde dehidrasyon ve kurutma ile takip edilen bir katı-sıvı ayırmayı içerir (Richmond and Becker, 1986). Zooplankton, bivalv mollusklar veya balıkların dahil olduğu suni akuatik besin zinciri aracılığıyla, süzerek beslenenler tarafından mikroalglerin indirekt hasadı bazı durumlarda başarılı olmuştur (Goldman, and Carpenter, 1974).

Alglerin gideriminden sonra, nitrojen, fosfor, karbon ve çözünmüş organik kalıntılardan arındırmak amacıyla atık sular, kum ve çakıl filtreleriyle ek bir filtrasyona daha tabi tutulmalıdır. Filtre edilen bu su, çoğu ürünün sulanmasında yeniden kullanım için hazır hale gelir veya sınırsız kullanım için daha da saflaştırılmalıdır (Grobbelaar et al., 1990).

Şu anda, HROP formunda atık su iyileştirmeyi iki katına çıkaran yığın alg kültürleri için kombine sistemler deneysel safhadadır ve HROP, standart işletimsel kritere sahip, ticari değere sahip ürün veren kurulu bir teknik olarak düşünülemez. Standart kriterlerin belirlenmesi atığın türü, su kalitesi ve kompozisyonu, hangi idare rejiminin benimseneceği kararında kardinal bir rol oynayan iklimsel farklılıklar gibi lokal koşullardaki büyük değişimlerden dolayı imkansızdır (Abeliovich, 1983). Hrop’un önemli bir kavramsal zayıflığı, birim alanda maksimal algal verimlilik sağlayan ve atık suyun en iyi ve hızlı şekilde temizlenmesi için ihtiyaç duyulan prosesler için optimumun denk gelmemesi gerçeği altında yatmaktadır. Bu doğada bulunan güçlükler, kombine algal üretim ve atık su temizlenmesinin ekonomik değerini şüpheli duruma getirir.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1- Kullanılan Atıksular ve Kaynakları

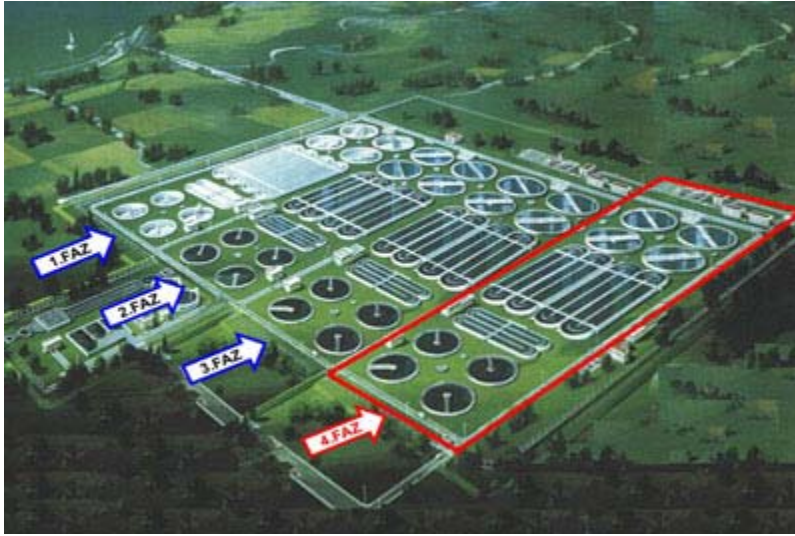
Konu kapsamında 3 çeşit atıksu ile çalışılmıştır;

Atık su 1 → Çiğli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (ham atıksu)

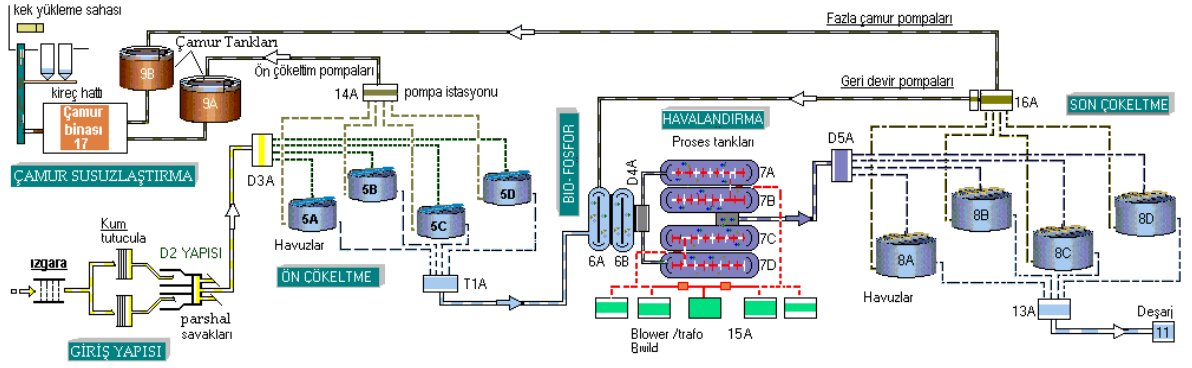
Atık su 2 → Su Ürünleri Kuluçkanesi (üretim sonu atıksu)

Atık su 3 → Çiğli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (ön çökeltim sonu)

Çiğli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi; Ortalama Kapasitesi: 605.000 m³/gün olup işletmeye alınma tarihi: 25 Ocak 2000'dir. İzmir Körfezi' nin atıksu kirliliğinden kurtarılması amacı ile Büyük Kanal Projesi kapsamında inşa edilmiştir. Arıtma Tesisi prosesi, biyolojik olarak fosfor ve azot gideren ve daha kaliteli çıkış suyu elde edilebilen "ileri biyolojik arıtma" yöntemine göre tasarlanılmıştır.



Şekil 1. Tesis Genel Yerleşim Planı



Şekil 2. Akım Şeması

İzmir Körfezi boyunca inşa edilen ana kuşaklama kanalı ve buna bağlı kollektörler aracılığıyla toplanan atıksu Gümrük, Bayraklı, Karşıyaka, Çiğli Pompa istasyonlarından pompalanarak Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi'ne iletilmektedir. Izgara, kum tutucu ve parshall savakları ön arıtma yapılarıdır.



Şekil 3 Çiğli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi; Izgara, kum tutucu ve parshall savakları

Çiğli Pompa İstasyonu'ndan gelen 2,400 mm çapındaki iki borunun tesise giriş yaptığı bölümdür. Giriş yapısından sonra atıksu, 6 adet mekanik temizlemeli ızgaradan geçmektedir. Atıksu içinde bulunan 10 mm'den büyük parçacıkların ince ızgaralarda tutulması sağlanmaktadır. Kum tutucular havalandırılmalı tip olup, atıksuya yeterli miktarda hava verilerek bu haznede kumun çökmesi sağlanmaktadır. Birbirine paralel 6 adet havalandırılmalı kum tutucu bulunmaktadır.

Tesiste kum tutuculardan çıkan atıksu debi ölçümü için kullanılan 3 adet paralel Parshall savağından geçmektedir.



Şekil 4. Numune alım noktası



Şekil 5. Parshall savakaları

3.2.Kuluçkane Atıksuyunun Denize Deşarjı

Su ürünleri açısından yetiştiricilikte su kalitesinin iyi bilinmesi gerekir. Gerek deniz, gerekse göl ve akarsularda ve tarla balıkçılığında suyun amacımıza uygun olup olmadığı, fiziko-kimyasal parametrelerin iyi bir şekilde analiz edilmesiyle mümkündür. Bundan sonra yetiştiriciliğe başlamak, daha bilinçli yatırım yapmak ve sonuca ulaşmak bakımından şarttır (Egemen, 2005)



Şekil 6. Kuluçkanedeki üretim sonu atıksuyu

Ancak Su Ürünleri işleme tesislerinde yapılan işlemler nedeniyle; fazla miktarda kan, yağ ve su ürünleri artıklarının parçacıkları işletme atıksularında olabilmektedir.

Bu nedenle bu işletmeler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde bulunan Tablo 5.14 deki parametre değerlerini aşmayacak şekilde önlem almak zorundadırlar.

Tablo 2. Sektör: Gıda Sanayii (Su Ürünleri Değerlendirme)

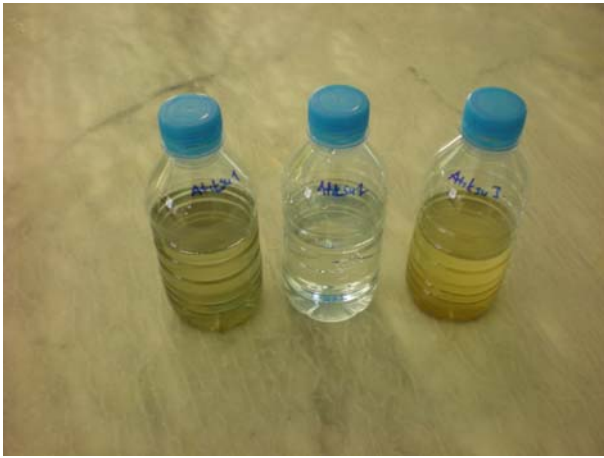
PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT	KOMPOZİT
		NUMUNE	NUMUNE
		2SAATLİK	24SAATLİK
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	300	250
Yağ ve Gres	mg/l	30	20
pH	-	6-9	6-9

3.3.İNTENSİF BALIK ÇİFTLİĞİ ATIKLARI

Geçen yıllar içerisinde, soğuk ve sıcak su balıklarının, karideslerin ve yumuşakçaların yoğun su kültürü, yanında bir dizi çevre problemleri, özellikle atıkların ortadan kaldırılması sorununu getirerek bütün dünyada ilerleme kaydetti. Dışkıya ek olarak, gerekli besleme miktarı belirtilmesi geciktikçe, atık beslenme atıkları da içeriyor. Bu durum doğal olarak besin değeri yükseltme çalışmalarına yoğunlaşmış yoğun araştırmalara ve düşük kirlilik diyetine tabi tutuluyor. Biyolojik yaklaşımlar kullanılarak su kültürü atıklarının tahmini ayrıca üzerine çalışılan bir konu. Finfish su kültürü atıklarının fiziksel dağılım modellenmesi 2000 yılında Dudley tarafından geliştirildi. Bu endüstri alanı büyüdükçe besinleri optimize etmek ve su kültürü atıklarını azaltmak acil bir ihtiyaç, özellikle kara temelli sistemlerde atıkları azaltan geri dönüşüm teknolojilerindeki gelişme doğrultusunda. Modern rekombinant DNA teknolojilerinin ortaya çıkış, artık çeşitli besin desteklerinin ekonomik üretimini mümkün kılıyor, özellikle mikrobiyal fitaz enziminin. Diğer teknolojiler sürekli olarak psikolojik modifikasyonlar ve telafi büyümeleri içeriyor. Azaltılmış atık yönetiminde faydalı olabilecek daha tartışma yaratan biyoteknolojik metodlar endokrin manipülasyonlar ve genetik mühendisliği içeriyor. Geri dönüşüm için veya toksik olmayan atıksuların atılması için nitrojen atımının amaçlandığı arıtmanın gerekliliği nedeniyle, yoğun beslenme rejimleriyle temiz ve atık sularda nitrojen birikimi zehirleyici seviyede muhtemel amonyak ve nitrit birikimi nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Geri dönüşüm amaçları için suyun tam arıtımında umut vaad eden bir yaklaşım ise her bir kirlenici maddeye yönelik değişik organizmalarla birleşmiş bir sistem kullanımıdır. Neori'nin bir çalışmasında, Japon abalonu kültürünün dışkıları makroalgal (*Ulva lactuca* yada *Gracilaria conferta*) kültür içine ve biyofiltreli tanklara boşaltıldı. Ve sonunda algal ürün abalone verildi. Seri halindeki değişik biyotopların birleşimi modu büyük umut vaad ediyor ve Ryther tarafından yürütülen deneylere yok benzemektedir. Ryther da algelere, kopepodlara ve balıklara seri halde evsel atıksuları arıtma amacıyla kullandığı birleşik sistemlerde maruz bırakılmıştı.

Tablo 3. Kullanılan Atık Sularda Bazı Tanımlayıcı Parametreler

Parametreler	Atıksu 1	Atıksu 2	Atıksu 3
Tuzluluk(ppt)	3.835	30.70	3.185
İletkenlik($\mu\text{s}/\text{cm}$)	6770	47500	7000
pH	7.20	7.06	8.60



Şekil 7. Kullanılan atıksular ve parametre ölçümleri

3.2. Kullanılan Mikroagler ve Sistematikteki Yerleri

Diviso: Cyanophyta

Classis: Cyanophyceae

Ordo: Oscillatoriales

Familia: Oscillatoriaceae

Genus: Spirulina

Species: platensis



şekil 8. *Spirulina platensis*'in mikroskopta görünümü Orijinal.(x10)

Diviso: Rhodophyta (Kırmızı Algler)

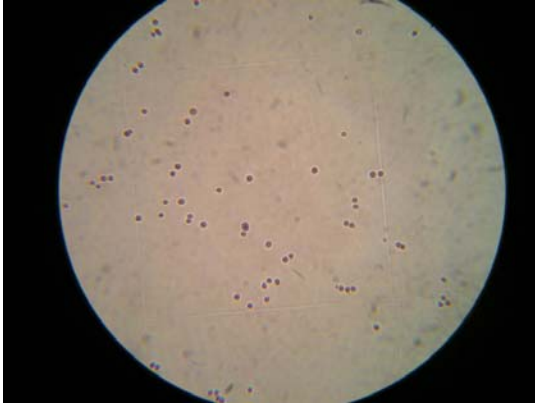
Classis: Porphyridiophyceae

Ordo: Porphyridiales

Familia: Porphyridiaceae

Genus: Porphyridium

Species: cruentum



şekil 9. *Porphyridium cruentum*'un mikroskopta görünümü Orijinal.(x40)

Diviso: Chlorophyta (Yeşil Algler)

Classis: Chlorophyceae

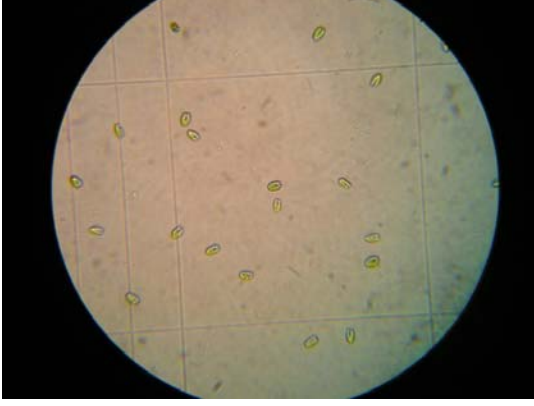
Ordo: Volvocales

Familia: Chlamydomonadaceae

Genus: Tetraselmis

Species: suecica

Species: chuii



Şekil 10. *Tetraselmis*'in mikroskopta görünümü Orijinal.(x40)

Diviso: Heterokontophyta

Classis: Eustigmatophyceae

Ordo: Eustigmatales

Familia: Eustigmatophyceae

Genus: Nannochloropsis

Species: oculata



Şekil 11. *Nannochloropsis oculata*'nın mikroskopta görünümü Orijinal.(x40)

3.4.Kültür Üretimleri

Mikroalg kültürleri, Su Ürünleri Fakültesi Urla Birimi Plankton Kültürü Laboratuvarında var olan stoklardan, üretimleri yapılmıştır. *Spirulina platensis* için besin ortamı olarak Zarrouk Ortamı kullanılırken, denizel türler için f/2 ortamı kullanıldı. 36 watt gücündeki floresanlar(Philips) kullanıldı. Havalandırma ve aydınlatma 24 saat devamlı uygulandı. Kontaminasyonun oluşmaması için erlenlerin ağızları sıkıca kapatılarak hava ile temas engellendi.



Şekil 12. Kullanılan alg türlerinin üretimleri

3.5. ATIKSUDA YAPILAN KİMYASAL ANALİZLER

- Amonyak Azotu
- Fosfat Fosforu
- Toplam Fosfor
- BOİ
- KOİ
- Yağ ve Gres
- Askıda Katı Madde

Amonyak Azotu (NH_3 -N); İçme ve kullanma suları ile yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Örneğin; içme suyunda amonyak bulunması, uda kısa bir süre önce olası bir fekal kirlenmenin gerçekleştiğini göstermektedir. Sularda ve atıksularda bulunan başlıca azot bileşikleri azalan oksidasyon kademesine göre nitrat azotu(NO_3^- -N), nitrit azotu(NO_2^- -N), amonyak azotu(NH_3 -N) ve organik azot(Org-N) şeklinde sıralanmaktadır. Bu azot türlerinin yanı sıra azot gazı(N_2 -N) da azot çevriminde yer almaktadır. Azot çevriminde bulunan türler, biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda birbirlerine dönüşebilmektedir.

Organik azot, -3 değerlikli oksidasyon kademesinde organik olarak bağlı azottur. Organik azot protein, peptid, nükleik asit ve üre gibi doğal maddelerin dışında çok sayıda sentetik organik maddeyi de içermektedir. Organik azot konsantrasyonu, göl sularında rastlanan birkaç yüz $\mu\text{g/l}$ den kanalizasyon sularında karşılaşılan 20 mg/l ye kadar uzanan geniş bir aralıkta bulunabilmektedir. Amonyak azotu ise, büyük oranda organik azot içeren bileşiklerin deaminasyonu ve ürenin hidrolizi sonucunda meydana gelmektedir. Amonyak azotu konsantrasyonu, yüzey ve yer altı sularında 10 $\mu\text{g/l}$ den atık sulardaki 30 mg/l ye kadar değişen aralıklarda bulunabilmektedir.

Toplam oksitlenmiş azot, nitrat ve nitritin toplamıdır. Nitrat yüzey sularında eser miktarlarda, yer altı suyunda ise nispeten yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Nitrat

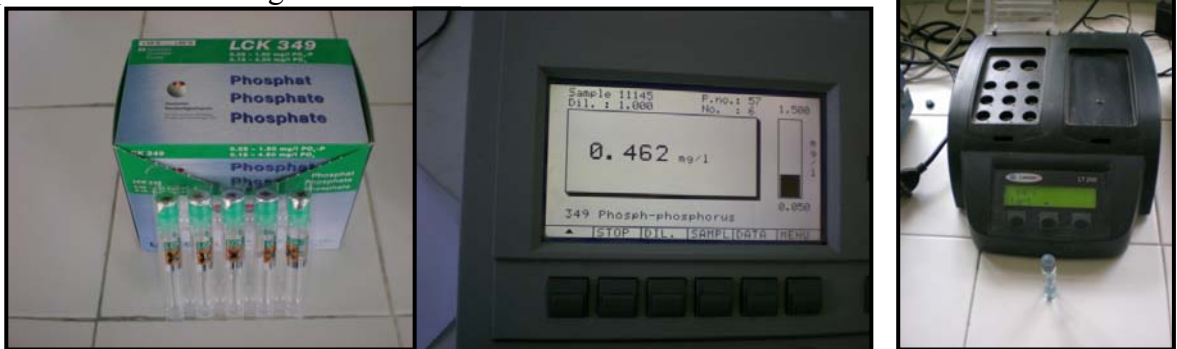
konsantrasyonunun 10 mg/l yi aşması, bebeklerde methemoglobinemia hastalığına yol açmaktadır. Nitrit ise hem amonyak azotunun nitrata yükseltgenmesinde, hem de nitratin indirgenmesinde ara oksidasyon kademesinde yer almaktadır. Söz konusu indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri atıksu arıtma tesislerinde, su dağıtma sistemlerinde ve doğal sularda gözlenebilmektedir.

- 5 ml örnek, kite eklenir.
- Değer doğrudan spektrofotometreden konsantrasyon cinsinden okunur.
- Kullanılan cihazlar LANGE LCK 304 marka kiti ve spektrofotometre (Şekil 13).



Şekil 13. Amonyak azotu tayininde kullanılan cihazlar (LANGE LCK 304 marka kiti ve spektrofotometre)

Fosfat Fosforu (PO_4 -P); Kullanılan cihazlar LANGE LCK 349 marla kit ve spektrofotometre cihazı kullanımıştır (Şekil 14). 2 ml örnek, kite eklenir. 1 saat boyunca 100°C de cihazda tutulur. Cihazdan çıkan kit birkaç kez ters çevrilir. Kitin soğuması için beklenir. Spektrofotometrede değer okunur.



Şekil 14 Fosfat Fosforu (PO_4 -P); Kullanılan cihazlar LANGE LCK 349 marla kit ve spektrofotometre

Toplam Fosfor; Fosfor, temel besi maddelerinden biri olması nedeniyle canlı hayatında büyük önem taşımaktadır. Aşırı fosfor yüzey sularında ötrofikasyona neden olmaktadır. Fosfor bileşikleri kazan taşı oluşumu kontrolünde ve su getirmede korozyon kontrolünde kullanılmaktadır. Evsel atıksular; sentetik deterjanlar ve organik madde, bünyesinde bulunan fosfatlar nedeniyle önemli miktarda fosfor içermektedir. Biyolojik arıtma uygulamalarında, özellikle endüstriyel atıksular için, gerekli fosforu sağlamak amacıyla fosfat ilavesi söz konusu olabilmektedir.

- Toplam fosfor; tüm ortofosforları ve kodan fosfatları içerir.
- Kullanılan cihazlar LANGE LCK 349 marla kit ve spektrofotometre
- Analiz aynı kitten yapılır.
- Spektrofotometre de total fosfor seçeneğinden değer okunur.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ); Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) aerobik koşullarda mikraoorganizmaların sudaki organik maddeleri ayrıştırmaları için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır. Alıcı ortamlara verildiklerinde, evsel ve endüstriyel atıksuların tüketecekleri çözünmüş oksijen miktarının belirlenmesiyle, kirlenme potansiyelinin ve alıcı ortamın özümleme kapasitesinin tayininde kullanılan bir parametredir. BOİ parametresi biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin toplamını gösteren kolektif bir parametredir. BOİ parametresi; arıtma sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi, alıcı ortama atıksu deşarj limitlerine uygunluğunun kontrol edilmesi ve biyolojik arıtma sistemlerinin performansının ölçülmesinde kullanılmaktadır.

Günümüzde BOİ test sonuçlarının kullanılma nedenleri:

- 1) Varolan organik maddeyi biyolojik olarak stabilize etmek için gerekecek olan yaklaşık O₂ miktarını belirlemek için,
- 2) Kurulacak atık su arıtım tesislerinin büyüklüğünü tespit etmek için,
- 3) Bazı arıtım proseslerinin etkinliğini ölçmek için,
- 4) Atık su deşarjlarının kanunlara uygunluğunu tayin etmek için.

- Kullanılan cihazlar Oxitop Control
- Analizinde, numune içerisine nitrifikasyon inhibitörü ve NaOH eklenir.
- Numune, cihaz içerisinde 20°C de 5 gün boyunca inkübasyona bırakılır.
- 5.gün değeri okunur.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ; Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ, organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kollektif bir parametredir.

Ölçüm sonuçlarının teorik değerlere ne kadar yaklaşacağı, oksidasyonun hangi oranda tamamlandığına bağlıdır. Çok sayıda organik bileşik %90-100 oranında oksitlenebilmektedir. Bu gibi durumlarda KOİ, teorik oksijen ihtiyacının gerçekçi bir ifadesidir. Bu koşullar altında oksitlenmesi zor olan organik bileşikler içeren atıksularda ise KOİ, teorik oksijen ihtiyacının zayıf bir ölçütüdür. Bazı endüstriyel atıksularda bu durumla karşılaşılabilir. BU yüzden KOİ değerinin anlamı, incelenen suyun bileşimine bağlıdır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar değerlendirilirken bu nokta göz önünde tutulmalıdır.

KOİ, su ve atıksuların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Bir suya ait KOİ değeri, BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ'ye eşit veya büyüktür. KOİ, organik maddelerin oksidasyon basamağının bir göstergesi olduğu için, biyokimyasal reaksiyonlardaki bileşenler arasında elektron eşdeğeri açısından bir denge kurulmasını sağlamaktadır.

- Kullanılan cihazlar LANGE LCK 614 marka kiti
- 2 ml örnek, kite eklenir ve çalkalanır
- 2 saat boyunca 148°C de cihazda tutulur.

- Kitin soğuması beklenir.
- Spektrofotometreden değer okunur.

Yağ ve Gres; Kullanılan cihazlar Genel laboratuvar aletleri, Analitik hasas terazi, Etüv

- Atık su numunesinin pH sı 2.0 a ayarlanarak 250 ml ayırma hunisine alınır.
- Üzerine 50-60 ml hexan konur, 10 dk çalkalanır.
- Ayırma hunisinde oluşan fazlar iki ayrı erlene alınır.
- Ekstrakt üzerine sodyum sülfat tuzu ilave edilir.
- Önceden darası alınmış balona süzülür.
- Evaporatörde hekzan uçurulur.
- 80 °C'lik etüve alınır ve 2 saat bekletilir.
- Desikatörde soğutulur ve tartım işlemi yapılır.

Askıda Katı Madde (AKM); Ölçüm prensibine göre su numunelerinin standart cam elyafı filtreden süzülmesi ve filtrenin kurutulması sonucu elde edilen kalıntılar, askıda katı maddeler (AKM) olarak adlandırılır. Askı maddeleri suların estetik, içme, endüstriyel kullanım gibi çeşitli amaçlar için yararlanılmasını doğrudan etkiler. Doğal sularda, ışık geçirgenliğini azaltıp dip birinkitilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarını etkiler. Kanallarda ve arıtma sistemlerinde önlem alınması ihtiyacını ortaya koyar. Bu özellikleri ile AKM yüzey suları ve atık sularda önemli parametredir.

• Kullanılan cihazlar Genel laboratuvar aletleri, Vakum pompası, Etüv, Analitik hasas terazi, Millipore Vacuum Pump XF54 230 50 (100 Millibar, 10 Kilo Pascal, 75 mm Hg)

- 103 °C'de 1 saat süreyle kurutulmuş filtre kağıdı desikatörde soğutularak darası alınır.
- 250 ml süspanse örnek, filtreden vakum uygulanarak geçirilir.
- Filtre, etüvde 103-105°C de 1saat kurutulur.

- Desikatörde soğutulup tartılır.

3.6. Atık Sulara Mikroalg Ekimleri

Atık sular, cam şişlere eşit miktarlarda dolduruldu. Eşit miktarlarda da alg kültürleri eklenildi. Eşit havalandırma sağlandı. 36 watt gücündeki floresanlarla aydınlatıldı. Ayrıca, kontrol grubu olarak kültürlerin kendi ortamları da hazırlanarak çalışmanın gidişatı hakkında fikir edinmemizi sağlayacak bir düzenek daha kurulmuştur.



Şekil 15. Atıksular ve kontrol grubunun cam şişelerdeki denemenin kurulması



Şekil 16. Atıksularda mikroalg üretiminin gerçekleşmesi

3.7. Analitik Ölçümler

3.7.1. Hücre Sayımı

Hücre sayımı Neubauer sayma lamı ve ışık mikroskobu(Nikon, Japonya) ile yapıldı. Neubauer sayma lamında 9 adet 1mm²'lik farklı şekilde bölünmüş kareler bulunmaktadır. 2, 4, 6, 8. Kareler kendi arasında 20 dikdörtgene; 1, 3, 7 ve 9. kareler ise kendi aralarında 16 kareye bölünmüştür. 5 nolu merkezdeki kare ise 25 küçük kareye bölünmüştür. Buradaki her bir küçük kare 16 kareye daha bölünmüş ve toplam (25×16) 400 kareye sahiptir (Şekil). Her bir karenin hacmi 2.5×10⁻⁷ ml'dir. Kamaranın total hacmi ise 9×10⁻⁴ ml'dir (Cirik ve Gökpınar, 1999). Sayım lamı önce örnek doldurulmadan önce iyice temizlenmiş kurutuldu. Daha sonra 3 tekrarlı olarak örneklerin sayımları yapıldı gerekli hesaplamalarla hücre sayısı tespit edildi. Hücre sayısından Spesifik büyüme hızı (μ) aşağıdaki formüle göre bulundu;

$$\mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}$$

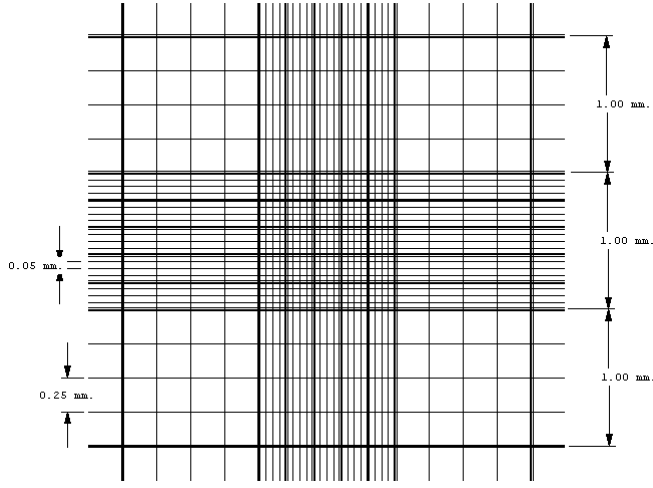
Formülde X_2 ve X_1 , sırasıyla t_2 ve t_1 zamanlarındaki biyomas konsantrasyonlarını belirtir.



Şekil 17. Neubauer sayma lamı



Şekil 18. Işık mikroskobu (Nikon, Japonya)

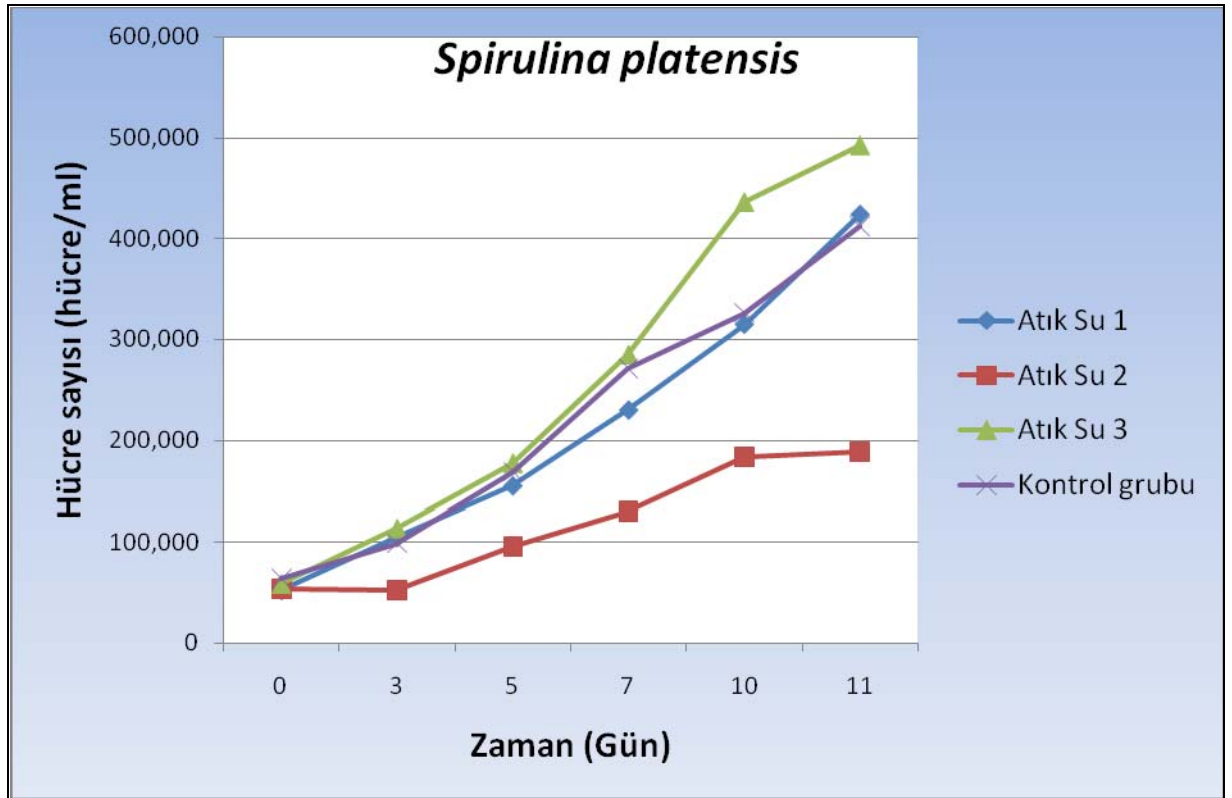


Şekil 19. Neubauer sayma kamarasının mikroskop altındaki görünümü

4. BULGULAR

E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Urla Tesisi plankton kültürü laboratuvarında yapılan Atıksu 1, Atıksu 2, Atıksu 3 ve Kontrol grubunda cam şişelerde üretim denemelerinde 5 alg türüne ait hücre sayıları grafikleri elde edilmiştir.

Spirulina platensis ile yapılan denemelerde en yüksek hücre sayısına Atıksu 3 ile yapılan kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 18). Kontrol grubu ile Atıksu 1 denemeleri hücre sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Atıksu 2 ile yapılan çalışmalarda en düşük hücre sayısı tespit edilmiştir. En yüksek hücre yoğunluğu Atıksu 3’de yaklaşık 492,500 hücre ml⁻¹ ile elde edildi. Atıksu 3 denemesini Atıksu 1 ve Kontrol grubu denemesi izledi. Atıksu 1’de hücre sayısı 423,750 hücre ml⁻¹, Kontrol grubu’nda hücre sayısı 412,500 hücre ml⁻¹ olarak tespit edildi. Atıksu 2’de ise 188,750 hücre ml⁻¹ lik biyomas yoğunluğu elde edildi.



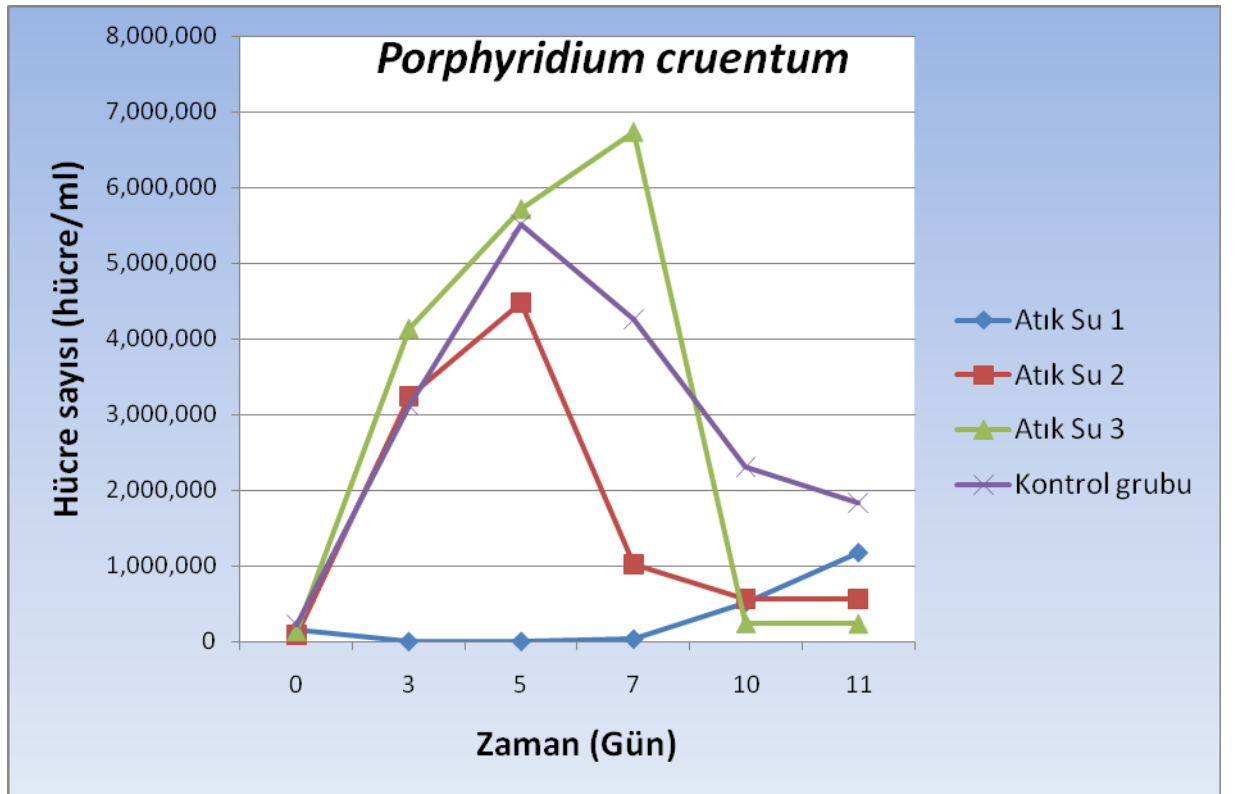
Şekil 20. *Spirulina platensis*'in zamana bağlı hücre sayısı grafiği

Ön çökeltim havuzu sonrası alınan (Atıksu 3) su örneğinde askıda katı maddelerin olmaması, suyun ışık geçirgenliğini artırmaktadır. Bu nedenler en yüksek hücre sayısına

ulaşılmasında etken koşullardan olmuştur. Ancak Atıksu 2'nin deniz suyu tuzluluğunda olması *Spirulina platensis* için sınırlayıcı faktör oluşturduğu tespit edildi. Atıksu 2'deki üretim için bu alg türünün uygun olmadığı tespit edildi.

Porphyridium cruentum ile yapılan denemelerde en yüksek hücre sayısına Atıksu 3 ile yapılan kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 19). En yüksek hücre yoğunluğu Atıksu 3'de yaklaşık 6,737,500 hücre ml^{-1} ile elde edildi. Atıksu 3 denemesini Kontrol grubu ve Atıksu 2 denemesi izledi.

Kontrol grubu'nda hücre sayısı 5,520,000 hücre ml^{-1} Atıksu 2'de hücre sayısı 4,480,000 hücre ml^{-1} olarak tespit edildi. Atıksu 1'de ise 1,173,750 hücre ml^{-1} lik biyomas yoğunluğu elde edildi.

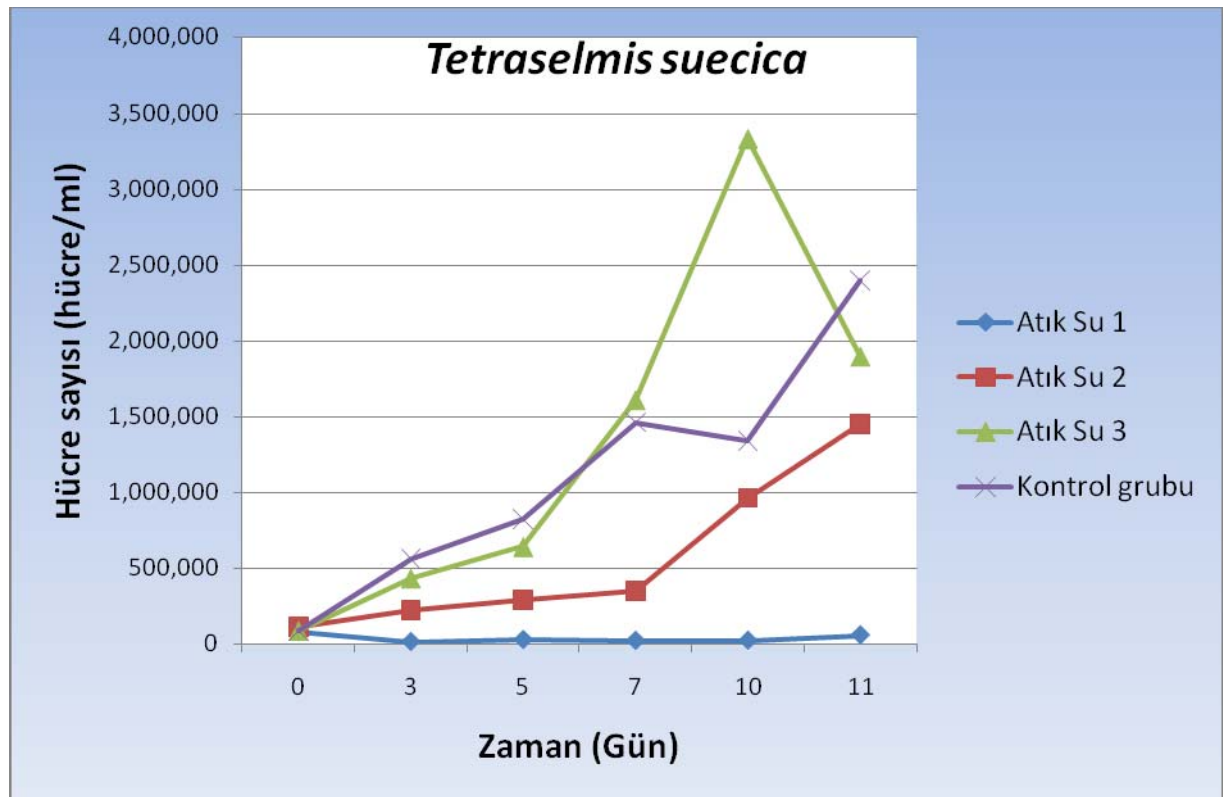


Şekil 21. *Porphyridium cruentum*'un zamana bağlı hücre sayısı grafiği

Atıksu 3’de 7.günden sonra mikroskopta yapılan gözlemler sonucunda kontaminasyonun arttığı gözlemlendi. Atıksu 1’deki üretim için bu alg türünün uygun olmadığı tespit edildi.

Tetraselmis suecica ile yapılan denemelerde en yüksek hücre sayısına Atıksu 3 ile yapılan kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 20). En yüksek hücre yoğunluğu Atıksu 3’de yaklaşık 3,337,500 hücre ml⁻¹ ile elde edildi. Atıksu 3 denemesini Kontrol grubu ve Atıksu 2 denemesi izledi.

Kontrol grubu’nda hücre sayısı 2,400,000hücre ml⁻¹Atıksu 2’de hücre sayısı 1,450,000 hücre ml⁻¹olarak tespit edildi. Atıksu 1’de ise 81,250 hücre ml⁻¹ lik biyomas yoğunluğu elde edildi. Atıksu 1’deki üretim için bu alg türünün uygun olmadığı tespit edildi.

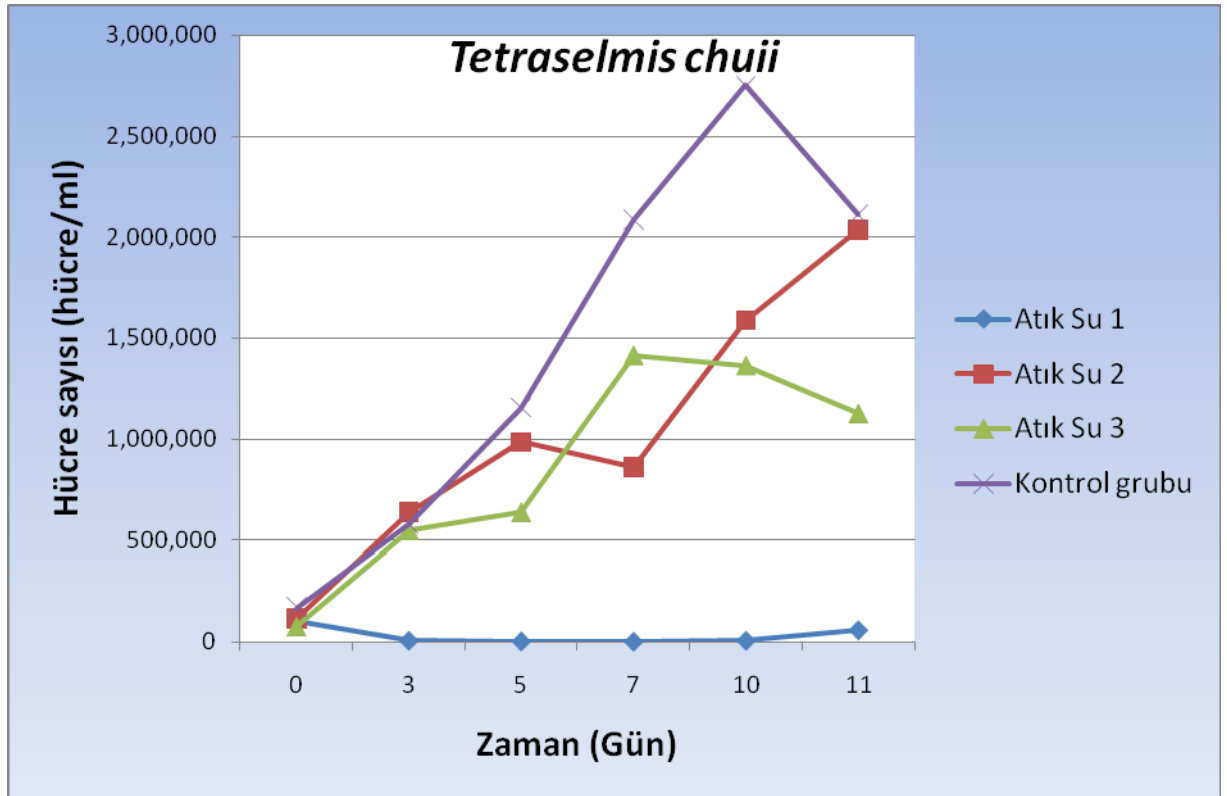


Şekil 22. *Tetraselmis suecica*’nın zamana bağlı hücre sayısı grafiği

Tetraselmis suecica ile yapılan denemelerde en yüksek hücre sayısına kontrol grubu ile yapılan kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 21). En yüksek hücre yoğunluğu Kontrol grubu'nda yaklaşık 2,750,000 hücre ml^{-1} ile elde edildi. Kontrol grubu denemesini Atıksu 2 ve Atıksu 3 denemesi izledi.

Atıksu 2'de hücre sayısı 2,037,500 hücre ml^{-1} , Atıksu 3'de hücre sayısı 1,412,500 hücre ml^{-1} olarak tespit edildi. Atıksu 1'de ise 102,500 hücre ml^{-1} lik biyomas yoğunluğu elde edildi.

Atıksu 1'deki üretim için bu alg türünün uygun olmadığı tespit edildi.

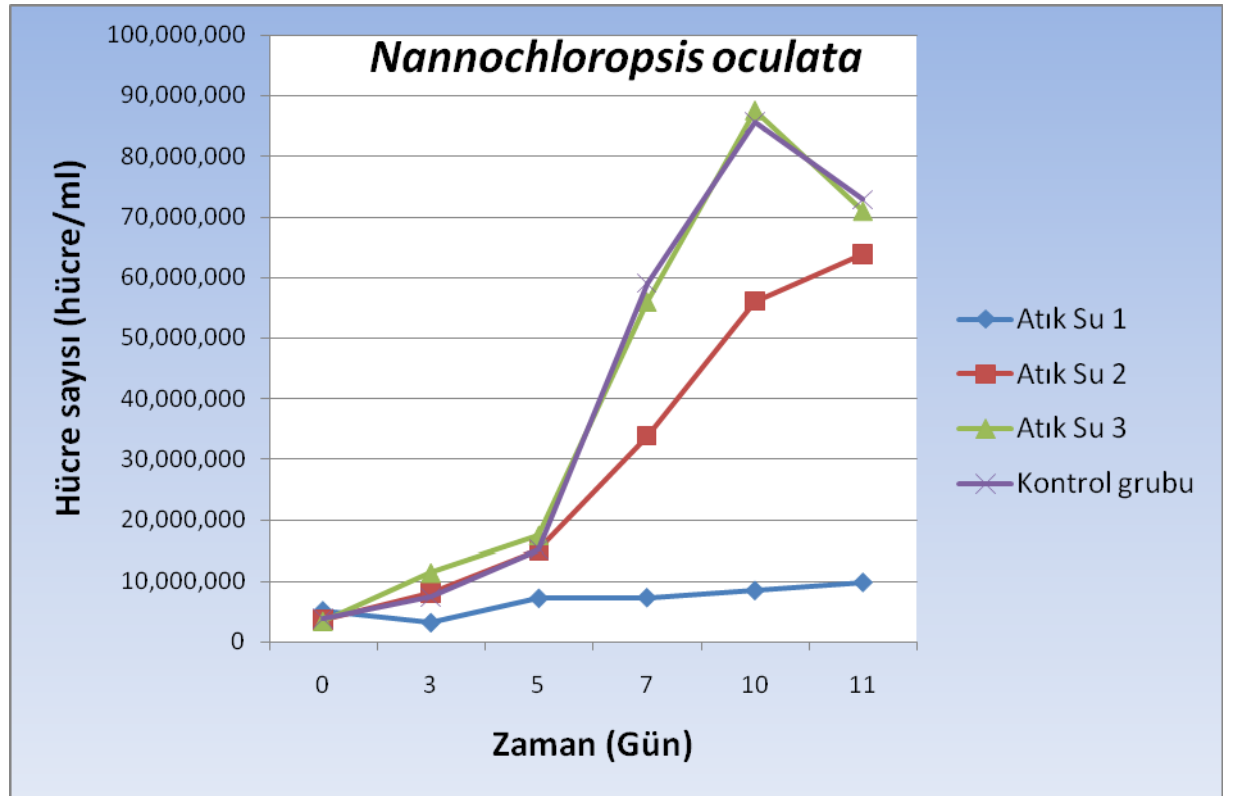


Şekil 23. *Tetraselmis chuii*'nin zamana bağlı hücre sayısı grafiği

Nannochloropsis oculata ile yapılan denemelerde en yüksek hücre sayısına Atıksu 3 ile yapılan kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 22). En yüksek hücre yoğunluğu Atıksu 3’de yaklaşık 87,600,000 hücre ml⁻¹ ile elde edildi. Atıksu 3 denemesini Kontrol grubu ve Atıksu 2 denemesi izledi.

Kontrol grubu’nda hücre sayısı 85,600,000 hücre ml⁻¹ Atıksu 2’de hücre sayısı 63,800,000 hücre ml⁻¹ olarak tespit edildi. Atıksu 1’de ise 9,860,000 hücre ml⁻¹ lik biyomas yoğunluğu elde edildi.

Atıksu 1’deki üretim için bu alg türünün uygun olmadığı tespit edildi.



Şekil 24. *Nannochloropsis oculata*’nın zamana bağlı hücre sayısı grafiği

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Algal büyümei düzenleyen en önemli parametreler; besin kalitesi ve miktarı, ışık, pH, türbülans, tuzluluk ve sıcaklıktır. Optimum parametreler ve tolerans aralıkları türe özgüdür. Birçok faktör birbirine bağılı olabilir. Çalışmalarda oluşturulan ortam koşulunda optimum olan parametre, başka bir çalışma için optimum olmayabilir (Coutteau, 1996). Evler, endüstriler ve hayvan bakıcılığından gelen sıvı atıkların çoğı fotosentetik mikroalgler için uygun bir ortam sağlar. Askıda katı maddenin varlığı, evsel yada endüstriyel atıksu olması durumunda mikroalg türleri üzerinde stress yaratabilmektedir.

Alg kültürleri bir ışık kaynağına gereksinim duyarlar. Çünkü ışık fotosentezin enerji kaynağıdır. Işık yoğunluğına karşı fotosentez hızı doğrusal bir şekilde artar. Yüksek ışık yoğunlukları fotosentezi inhibe eder. Işığın yoğunluğu ve süresi kültürlerin verimliliğı açısından önemlidir (Cirik ve Gökpınar, 2006). Bu projede, askıda katı madde oranının fazla olması bütün türler için ışık geçirgenliğini azaltmasından dolayı gelişimi olumsuz yönde etkilemiştir. Çünkü düşük ışık yoğunluklarıysa fotosentezi sınırlayıcı bir faktör olarak ortaya çıkar. Bu sınırlayıcı etki, ortamdaki hücre konsantrasyonunun bir sonucu olarak hücrelerin birbirini gölgelemesi ve ışığa doymun hale gelen hücrelerin daha fazla ışık enerjisi kullanmaması nedeniyle ortaya çıkar.

Tuzluluk fitoplankton gelişimini, metabolizmasını ve dağılımını etkileyen en önemli ekolojik faktörlerden birisidir. Tuzluluk artışına bağılı olarak hücrelerin fotosentez ve protein sentezi kapasitelerinin azaldığı ve tuzluluğun daha da artırılmasıyla büyüme hızının düştüğü, dolayısıyla üretimde belirgin bir kaybın görüldüğü bildirilmiştir (Zhang et al., 2010). Atıksuların özellikleri bakımından incelendiğinde akuakültür işletmesinin atıksuyu tuzluluk bakımından zengin bir kaynaktır. Bu proje kapsamında tatlı su türü olan *Spirulina platensis* kültüründe hücre sayısı en düşük akuakültür atık suyunda (Ataksu 2) tespit edilmiştir. Çünkü *Spirulina platensis* ‰ 1 tuzlulukta iyi gelişme gösterir (Vonshak and Tomaselli, 2000).

Deniz planktonlarının tuzluluk değişimine olan toleransları oldukça iyidir. Pek çok tür, doğal ortamdaki tuzluluğı göre daha düşük tuzlulukta iyi bir büyüme gösterir. Pek çok alg türü ‰12-44 ppt, optimum ‰20-24 ppt tuzluluğı tercih eder (ppt = g çözünen / kg veya litre

çözelti). Pek çok türün canlılığını dahi sürdüremeyeceği ‰140 tuzlulukta büyüme hızı çok azalsa bile, fotosentetik aktivite belirli bir süre devam eder (Ben-Amotz and Avron, 1983; Borowitzka and Borowitzka, 1992). Örneğin; *Isochrysis galbana* ‰15 tuzlulukta maksimum üreme gösterirken, *Tetraselmis suecica* 25-35 ppt tuzluluğu tercih eder. Bu nedenle burada yapılan mikroalg kültüründe tuzluluğa toleransı yüksek türlerin seçilmesi önemlidir.

Üretim denemesi sonrasında ise *Spirulina platensis* analizler yapılmak üzere süzölmüştür. Süzme işleminde filtre kağıtları kullanılmıştır (Şekil 25). Böylelikle kültürü yapılan su içerisinde biyomas ayırt edilmiştir (Şekil 26). Atık su iyileştirilmesinde etkili olunması için algal biyomas verimli bir şekilde giderilmeli ve bu son işlem için çeşitli prosedürler takip edilebilir. Hasat işlemi genelde dehidrasyon ve kurutma ile takip edilen bir katı-sıvı ayırmayı içerir (Richmond ve Becker, 1986). Bu projede hasat edilen biyomas değerlendirilmediği için kurutma işlemi uygulanmamıştır. Goldman, ve Carpenter, (1974) yaptıkları çalışmalarında, atık suda kültüre ettikleri algal biyomasın zooplankton, kabuklu veya balıkların dahil olduğu suni akuatik besin zinciri aracılığıyla kullanılabileceğini önermişlerdir. Çünkü, süzerek beslenenler tarafından mikroalglerin indirekt hasadı bazı durumlarda başarılı olmuştur .

Mikroalglerin, kirletici düzeydeki parametre değerlerini düşürdüğü analizler ile desteklenmiştir. Bu olgu, Oswald ve yardımcıları (1975) tarafından Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley’de geliştirilen ve atık suyun temizlenmesinde alglerin kullanımı için temeldi. Esasta atıklarda bakteriyel oksidasyonun son ürünü hemen, sudan giderilip bazı ekonomik amaçlar için kullanılacak algal hücrelerce alınır, ve aynı anda üretilen oksijen, ilave atıkların oksidasyonunda bakteriler için hemen mevcut duruma gelecektir. Kontrollü ve yoğun bir atık iyileştirme prosesi için algler ve bakterilerin bu tip bir kombinasyonu “yüksek oranlı oksidasyon havuzu” (HROP) olarak bilinir (Grobbelaar, et al., 1990). Burada sığ havuzlar (30-40 cm) bir kanal formunda inşa edildi ve su sürekli olarak tüm alglerin dibe batmaya meyilli olacağı şekilde yeterli bir hızda karıştırıldı.

Çalışma sonucunda *Spirulina platensis*’in atık su da hücre sayılarında artış olduğu gözlenildi. Amonyak azotu değerinin 0,536 mg.l⁻¹ den 0,0 mg.l⁻¹, fosfat fosforun 1.89mg.l⁻¹’den 0,462 mg.l⁻¹’e, ve toplam fosforun 82,9mg.l⁻¹’den 0,511mg.l⁻¹’e düştüğü tespit

edilmiştir. BOİ ve KOİ değerlerinin ise sırasıyla 110 mg.l⁻¹ dan 2,8 mg.l⁻¹ ve 332 mg.l⁻¹ den 120 mg.l⁻¹ düşmüştür. Ham atık suda *Spirulina platensis* kültürü yapılarak biyomas elde edilmiş ve ayrıca kimyasal olarak iyileştirilmesi sağlanmıştır (Tablo 4).



Şekil 25. *Spirulina platensis*'in Süzülmesi



Şekil 26 Süzüm sonrasında elde edilen biyomas

Tablo 4. *Spirulina platensis*'in ham atıksuyu arıtma verimi

PARAMETRELER	Ham Atıksu Değerleri(mg/l)	<i>Spirulina platensis</i> Üretimi Sonrası Değerler(mg/l)
Amonyak Azotu	0.536	0.00
Fosfat Fosforu	1.89	0.462
Toplam Fosfor	82.9	0.511
BOİ	110	2.8
KOİ	332	120
Yağ ve Gres	46.4	16.4
Askıda Katı Madde	14.8	—

Alglerin gideriminden sonra, nitrojen, fosfor, karbon ve çözünmüş organik kalıntılardan arındırmak amacıyla atık sular, kum ve çakıl filtreleriyle ek bir filtrasyona daha tabi tutulmalıdır. Filtre edilen bu su, çoğu ürünün sulanmasında yeniden kullanım için hazır hale gelir veya sınırsız kullanım için daha da saflaştırılmalıdır (Grobbelaar et al., 1990).

Algler güçlü bağışıklık sistemleri ile atıksularda rahatlıkla yaşayabilmektedirler. Ancak yaşama oranları ve sayılarındaki artış hızı; alg türlerine ve atıksu çeşitlerine göre değiştiği tespit edilmiştir. Türlerin hücre büyüklükleri, atıksudaki diğer mikroorganizmaların algleri besin olarak tüketmesinde önemli bir kriterdir. Aynı zamanda hücre dışı salgıları ve içerdikleri besin maddeleri de etkilidir.

Eysel Ham Atık Suda, *Spirulina platensis* üretimi sonucunda; yapılan analizler ile kimyasal arıtımın gerçekleştiği görülmüştür. 5 mikroalg türünde 3 farklı atıksu içerisinde kültürü başarı ile yapılmıştır. Böylelikle dışarıdan besin eklemeyen atıksu içerisinde bulunan inorganik maddeler sayesinde hücre sayısının artışı tespit edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Spirulina platensis evsel atıksu arıtma tesislerinin biyolojik arıtım prosesinde kullanılabilir. Arıtma tesislerinin mekanizasyonunda, mikroalg üniteleri eklenilebilir.

Mikroalgler ile arıtım; su ürünleri üretim alanları olan kuluçkaneler, çiftlikler ve aynı zamanda işleme tesislerinde kullanılabilir.

Mikroalgler kimyasal arıtım da kullanıldıktan sonra süzülerek, ölü mikroorganizmalar halinde ağır metalleri giderme işlemi olan Biyosorpsiyonda da kullanılabilir. Böylece hem evsel atıksuların hemde endüstriyel atıksuların arıtımı sağlanır.

Arıtma proseslerinde harcamaları düşürerek ekonomiklik sağlayabilir. Bu nedenle bu konuyla ilgili çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

Üretim sonucunda oluşan mikroalgler Biyodizel çalışmalarında kullanılabilir. Biyodizel odaklı bu tür çalışmalar daha fazla karlılık sağlayabilir.

Üniversite-Sektör, Üniversite-Sanayi ve Belediyeler ile işbirliği içerisinde daha kapsamlı olan çalışmaların yapılmasıyla konu üzerinde daha fazla veriler elde edilebilir. Bu verilere dayanılarak çalışmaların hayata geçirilmesi konusunda fikre varılabilir.

Bu konuda yapılacak çalışmaların desteklenmesi hem çevresel hemde ekonomik yarar sağlayacağından konu üzerinde adımların atılması oldukça önemlidir.

7. KAYNAKLAR

- Abeliovich, A., 1983, The effects of unbalanced ammonia and BOD concentrations on oxidation ponds. *Water Sci. Technol.*, 17, 299.
- Bar-Or Y, Shilo M., 1988, The role of cell-bound flocculants in coflocculation of benthic cyanobacteria with clay particles. *FEMS Microbiol Ecol* 53:169–174
- Bar-Or Y, Shilo M., 1988, The role of cell-bound flocculants in coflocculation of benthic cyanobacteria with clay particles. *FEMS Microbiol Ecol* 53:169–174
- Ben-Amotz, A. & Avron, M., 1983, On the factors which determine massive β -carotene accumulation in the halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. *Plant Physiology* 72: 593-597.
- Borowitzka, M.A., 1992, Algal biotechnology products and processes — matching science and economics. *Journal of Applied Phycology*, 4 (3). pp. 267-279.
- Cirik, S., Gökpınar, Ş., 2006. Plankton Bilgisi ve Kültürü, Ege Üniversitesi Yayınları Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 47 Ders Kitabı 4. Baskı, 244 s.
- Cohen, Z. (ed.), 1999, *Chemicals from Microalgae*. Taylor & Francis, London, 419pp.
- Coutteau, P., 1996, Micro-algae. In P. Lavens, P. Sorgeloos (Ed.), *Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture* (pp. 7-48). Rome: FAO Fisheries Technical Paper No. 361.
- Çelikel, N., Kınık, Ö., Gönç, S., Kavas, G., 2006, Mikroalglerin Gıdalarda Renk Verici Madde (Pigment) Kaynağı Olarak Kullanımı, , Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu, 447 s.
- Egemen, Ö., 2005. Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Yayınları Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 14, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 145 s.
- Eltem, R., 2008. Atık Sular ve Arıtım, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No: 172, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 177 s.
- Goldman, J.C. & Carpenter, E.J. 1974, A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth. *Limnol. Oceanogr.*, 19, 756–66.

- Grobbelaar, J.U., Soeder, C.J. & Stengel, E., 1990, Modeling algal productivity in large outdoor cultures and waste treatment systems. *Biomass*, 21, 297–314.
- Keenan, C.P. & Blackshaw, A., 1999, Mud Crab Aquaculture and Biology. Proceeding of an international scientific forum held in Darwin, Australia, 21–24 April 1997. ACIAR Proceeding No. 78, p. 216.
- Kemiksiz ve Elmacı, 2004, Bursa İli Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Bazı Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, *Çevkor Ekoloji* 13, 50, 1-5.
- Richmond, A. & Becker, E.W., 1986, Technological Aspects of Mass Cultivation, a General Outline. In: *CRC Handbook of Microalgal Mass Culture* (ed. Richmond), 245–63. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Richmond, A., 1986, Microalgae of Economic Potential. In: *Handbook of Microalgal Mass Culture* (ed. A. Richmond), pp. 200–202. CRC Press, Boca Raton, Fl.
- Richmond, A., 2004, *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*, Blackwell Science, Oxford, 449 p.
- Roger, P.A. & Watanabe, I., 1986, Technologies for utilizing biological N₂-fixation in wetland rice, potentialities, current usage, and limiting factors. *Fert. Res.*, 9, 39–77.
- Toprak Karaman, Z., 1995. “Globalleşmede Çevre Faktörü ve Çevre Korumacı İdeolojiye Politik Bir Yaklaşım”, *Yeni Türkiye, Çevre Özel Sayısı*, Yıl:1, S:5.
- Venkataraman, G.S., 1981, Blue-green algae for rice production. A manual for its promotion. *FAO Soil Bull.* No. 46.
- Vonshak, L. Tomaselli 2000, *Arthrospira (Spirulina): systematics and ecophysiology*, B.A. Whitton, M. Potts (Eds.), *Ecology of Cyanobacteria*, Kluwer, The Netherlands (2000), pp. 505–523.
- Watanabe, I., Lapis, M., Oliveros, R. & Ventura, W., 1988, Improvement of phosphate fertiliser application to *Azolla*. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 34, 557–69.

Zhang, Y. Hu Q., Sommerfeld M, Puruhito, E., Chen Y., 2010, Harvesting algal biomass for biofuels using ultrafiltration membranes, *Bioresource Technology*, V101 Issue 14, 5297-5304.