

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUTUKLANMIŞ *Scenedesmus quadricauda* İLE REMAZOL BRİLLİANT
BLUE-R VE ORANGE 16 TEKSTİL BOYAR MADDELERİN GİDERİMİ

MURAT TEMELLİ

TEMMUZ 2005

ÖZET

TUTUKLANMIŞ *Scenedesmus quadricauda* İLE REMAZOL BRİLLİANT
BLUE-R VE ORANGE 16 TEKSTİL BOYAR MADDELERİN GİDERİMİ

TEMELLİ, Murat

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yard. Doç. Dr. Sema Tan

Temmuz 2005, 37sayfa

Chlorophyta sınıfına ait *Scenedesmus quadricauda*, kalsiyum aljinat içerisine tutuklandı. Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16 boyalarının renk giderimi için boş aljinat küreleri, tutuklanmış canlı ve ısı ile inaktive edilmiş algler kullanıldı. Her iki boya için de en uygun boya konsantrasyonu 0.015 g /100 ml olarak tespit edildi. Her iki boyanın renk giderimi için pH'nın ve sıcaklığın etkisi çalışıldı. Sonuçta optimum pH 2.0, optimum sıcaklık 25 °C olarak bulundu.

Anahtar Kelimeler: *Scenedesmus quadricauda*, aljinat, tutuklama, renk giderimi, Remazol Brilliant Blue R, Reactive Orange 16.

ABSTRACT

DECOLORIZATION OF TEXTILE DYE REMAZOL BRILLIANT BLUE-R AND
ORANGE 16 WITH
IMMOBILIZED *Scenedesmus quadricauda*

TEMELLİ, Murat

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, M.Sc. Thesis

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Sema Tan

July 2005, 37 pages

Scenedesmus quadricauda was immobilized in calcium alginate. The alginate beads, immobilized live and inactivated algae with heat were used for the decolorization of Remazol Brilliant Blue R and Reactive Orange 16. The most suitable dye concentration was defined as 0.015-g/100 ml for both dyes. The effect of pH and heat was studied for the decolorization of both dyes. As a result, optimum pH and optimum heat was found as 2.0 and as 25 °C respectively.

Key Words: *Scenedesmus quadricauda*, alginate, immobilized, decolorization, Remazol Brilliant Blue R, Reactive Orange 16.

TEŐEKKÖR

Tez alıŐma konusunu belirleyerek, gerçekleŐtirilmesinde yardımlarını ve desteğini daima sÖrdüren tez yÖneticim, Yrd.Doç.Dr. Sayın Sema TAN'a, çalıŐmalarım sırasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Doç.Dr. Sayın Aysun ERGENE'ye, laboratuvardaki çalıŐmalarım sırasında deneylerime yardım eden Uzman Sayın Hilal TOPBAŐ ve Uzman Sayın Sibel AHISKA'ya, tez çalıŐmalarım boyunca yaptığımı araŐtırmalarda yardımını esirgemeyen eŐim Özlem TEMELLİ'ye teŐekkÖrü bir borç bilirim.

Bu yüksek lisans tezi Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BAP. 02 / 03-04-05 no'lu proje olarak desteklenmiŐtir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Atıksuların Genel Özellikleri	9
1.2. Atıksuların Arıtım Yöntemleri.....	10
1.2.1. Fiziksel Arıtım Yöntemleri.....	11
1.2.2. Kimyasal Arıtım Yöntemleri.....	11
1.2.3. Biyolojik Arıtım Yöntemleri.....	12
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
2.1.Materyal	16
2.1.1.Kullanılan Kimyasal Maddeler	16
2.1.2.Kullanılan Cihazlar	16
2.1.3.Mikroorganizma.....	16
2.2. Yöntem.....	17
2.2.1. <i>S.quadricauda</i> 'nın Üretim Ortamı.....	17
2.2.2. <i>S.quadricauda</i> 'nın Ca-Aljinata Tutuklanması.....	17
2.2.3. Renk Gideriminin Ölçülmesi.....	18
2.2.4.Tutuklanmış <i>S.quadricauda</i> 'nın Renk Giderim Aktivitesi	

İçin Uygun Koşulların Saptanması.....	18
2.2.4.1.Uygun Boya Konsantrasyonunun Saptanması.....	18
2.2.4.2.Uygun pH Değerinin saptanması.....	18
2.2.4.3.Uygun Sıcaklığın Saptanması.....	19
2.2.4.4. İnkübasyon Süresinin Renk Giderimine Etkisi.....	19
2.2.5.SEM Çalışması.....	20
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	21
3.1.Aljinat Küreleri.....	21
3.2. Tutuklanmış <i>S. quadricauda</i> 'nın Renk Giderim Aktivitesi	
İçin Uygun Koşulların Saptanması.....	22
3.2.1. Uygun Boya Konsantrasyonunun Saptanması.....	22
3.2.2.Uygun pH Değerinin Saptanması.....	23
3.2.3. Uygun Sıcaklığın Saptanması.....	25
3.2.4.İnkübasyon Süresinin Renk Giderimine Etkisi.....	27
4.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	30
KAYNAKLAR.....	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

1.1. Reaktif boyar maddelerin karakteristik yapısı.....	5
1.2. Remazol Brilliant Blue R'nin kimyasal formülü.....	6
1.3. Orange 16'nın kimyasal formülü.....	8
3.1. <i>S. quadricauda</i> tutuklanmış aljinat küresi (A) ve Boş aljinat küresi.....	21
3.2. Remazol Brilliant Blue R için uygun boya konsantrasyonu.....	22
3.3. Reactive Orange 16 için uygun boya konsantrasyonu.....	23
3.4. Remazol Brilliant Blue R için pH'nın renk giderimine etkisi.....	24
3.5. Reactive Orange 16 için pH'nın renk giderimine etkisi.....	25
3.6. Remazol Brilliant Blue R için sıcaklığın renk giderimine etkisi.....	26
3.7. Reactive Orange 16 için sıcaklığın renk giderimine etkisi.....	27
3.8. Remazol Brilliant Blue R için inkübasyon süresinin renk giderimine etkisi.....	28
3.9. Reactive Orange 16 için inkübasyon süresinin renk giderimine etkisi.....	29

1.GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme, arıtma tesisi gibi ek üniteleri içermeyen sanayii bölgeleri, yeşil alanların tahribi, yeraltı ve yerüstü kaynaklarının değerlendirilmesinde uygun tekniklerin kullanılmaması gibi birçok nedenden ötürü günümüzde, çevre sorunu ile karşı karşıya bulunmaktayız. Çevre kirliliğinin bu boyutu, şimdiye kadar kullanılan klasik yöntemler dışında daha etkili metodlar geliştirilmesi gerekliliğini de ortaya koymuştur. İşte bu nedenle biyoteknolojik yöntemler bu tür çalışmalarda önem kazanmıştır.

Renkli organik bileşikler, atıksuyun organik yük bakımından genellikle çok az miktarını oluşturmasına rağmen ortama renk vermeleri bu bileşikleri, estetik olarak kabul edilemez kılmaktadır. Tekstil ve boya yapım endüstrilerinden alıcı ortama ve atıksu arıtım tesislerine deşarj edilen atıksular, sağlık ve çevre kirliliği problemlerine sebep olmaktadır. Bu nedenle renk giderimi son yıllarda ilgi odağı olmuştur⁽¹⁾.

Ticari boyalar, özgün ve stabil kimyasal yapıları nedeniyle, geleneksel aerobik arıtmılardaki mikrobiyal atağa karşı dirençlidirler^(2,3). Bu nedenle klasik arıtım sistemleri, boyar maddelerin gideriminde yetersiz kalmaktadır. Tekstil sektöründe birçok yardımcı kimyasal maddenin yanında, sayısız renk ve türde boyar madde kullanılmakta ve buna bağılı olarak gerek üretim, gerekse kullanım esnasında çok miktarda renkli su açığa çıkmaktadır. Bu endüstrilerden doğal ortama bırakılan su, sudaki yaşama zarar vermektedir. Renk kirliliğinin yanı sıra boyalar, ışık geçişine engel olarak sudaki yaşamın fotosentetik aktivitesini etkilemekte ve ayrıca suda yaşayan canlılar için toksik etki yapmaktadır.

Tekstil boyar maddelerinin en önemlilerinden olan reaktif boyar maddeler ile azoboyalarının arıtımında kullanılan adsorpsiyon, oksidasyon, ozonlama gibi yöntemlerin pahalı oluşu, yatırım ve işletme maliyetinin yüksek olması ve kullanımının yeni kirlilikleri oluşturması gibi nedenler, alternatif arıtım yöntemlerinin geliştirilmesine sebep olmuştur. Kullanımı daha kolay ve ucuz olan, çevreyi kirletmeyen biyolojik yöntemler için çeşitli mikroorganizmalar kullanılmıştır. Bu mikroorganizmalardan en önemlileri, boyar maddeleri adsorplama yeteneği olan mantarlar, mayalar, bakteriler ve alglerdir.

Tekstil atıksularının yarattığı çevre kirliliği sadece biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) artışına neden olan atıklar içermesinden değil, aynı zamanda değişik renk ve oranlarda boyar maddelerle birlikte yüksek pH ve 60-70 °C sıcaklığa varan büyük miktarlarda atık suyun ortama verilmesi ve çökebilen maddeler içermesinden de kaynaklanmaktadır⁽⁴⁾.

Boyaların çok küçük miktarları bile, suya doğal görünümünden farklı bir renk kazandıracak özelliğe sahiptir⁽⁵⁾. Tekstil atıksuların rengi kırmızı, mavi, mor, siyah ve boyar maddelerin yoğunluğuna bağlı olarak daha koyu renklerde de olabilir. Atıksuyun rengi, farklı zamanlarda yapılan boyama işlemlerine göre değişiklik gösterebilir. Tekstil atıksularının önemli bir problemi atık suyun pH'sıdır ki pH aralıkları, 2.0-12.0 arasında değişmektedir. Aktif çamur tesislerindeki mikroorganizmaların ekstrem pH değerlerinde yeterli aktiviteyi gösterememesi, tekstil atıksularının arıtma sistemlerine verilmeden önce mutlaka ön arıtmadan geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Tekstil atıksularının biyolojik arıtma açısından oluşturduğu diğer bir problem ise, suyun yüksek sıcaklıkta olmasıdır. Boyama işlemlerinin değişik aşamalarında sıcaklığı yüksek olan sular kullanılmaktadır.

Yüksek sıcaklıktaki sular işlemin sonunda, kanalizasyon aracılığı ile arıtma tesisine gönderilmektedir. Bu tip suların sıcaklıkları, arıtma tesislerine girmeden önce düşürülmelidir⁽⁵⁾. Tekstil atıksuları, biyolojik aktiviteler için gerek duyulan besin içeriği bakımından zengin bir bileşime sahiptir⁽⁶⁾. Son yıllarda Avrupa Birliği'nin belirlediği çevre koruma yasalarıyla, atıksu deşarj standartları oldukça sıkı denetim altına alınmıştır.

Elyaf ve kumaş gibi cisimleri renkli hale getirmede kullanılan maddeler, boyar madde olarak bilinir. Ancak, her renk veren veya renkli olan madde, boyar madde değildir. Boyar maddeler genellikle çözeltiler veya süspansiyonlar halinde çeşitli boyama yöntemleriyle uygulanırlar. Bütün boyar maddeler organik bileşiklerdir. Boyar madde, boyanacak madde ile devamlı ve dayanıklı bir şekilde birleşerek cismin yüzeyini yapı bakımından değiştirir. Genellikle boyar madde, cismin yüzeyi ile kimyasal veya fizikokimyasal bir ilişkiye girerek birleşir. Boyanan yüzey, kazıma, silme ve yıkama gibi fiziksel işlemlerle başlangıçtaki renksiz halini alamaz⁽⁷⁾. Boyar maddeler, boyaların çözünürlükleri, boyama özellikleri ve kimyasal yapılarına göre 3 grupta toplanır.

I- Boyar maddelerin çözünürlüklerine göre sınıflandırılması

o Suda çözünen boyar maddeler

Boyar madde molekülü, en az bir tane tuz oluşturabilen grup taşır. Boyar maddenin sentezi sırasında kullanılan başlangıç maddeleri, suda çözüdürücü grup içermiyorsa, bu grup, boyar madde molekülüne sonradan eklenmek suretiyle de çözünürlük sağlanabilir.

o Suda çözünmeyen boyar maddeler

Tekstil sektörü ve diğer sektörlerde kullanılan boyar maddeler, şu şekilde gruplara ayrılırlar: Substratta çözünen boyar maddeler, organik çözücülerde çözünen boyar maddeler, polikondensasyon boyar maddeleri, elyaf içinde oluşturulan boyar maddeler ve pigmentler.

II- Boyar maddelerin boyama özelliklerine göre sınıflandırılması⁽⁷⁾.

-Bazik (katyonik) boyar maddeler

-Asit boyar maddeler

-Direkt boyar maddeler

-Pigment boyar maddeler

-Metal-kompleks boyar maddeler

-Dispersiyon boyar maddeleri

-Küpe boyar maddeleri

-İnkişaf boyar maddeleri

-Mordan boyar maddeleri

-Reaktif boyar maddeleri

Çalışmamızda kullanılan reaktif boyalar suda çok iyi çözündüklerinden bir kısmı tekstil fiberlerine bağlanırken, bir kısmı da atıksu ile deşarj edilmektedir^(8,9).

Bunlar aerobik çevrede çok zor biyolojik indirgenmeye uğradıklarından tekstil atıksularında problem yaratan bileşikler olarak tanımlanırlar^(10,11). Tekstil endüstrisinde son derece popüler olan reaktif boyalar, reaktif grupları sayesinde selüloz, yün, ipek, poliamid gibi elyaf türleri ile kovalent bağ yaparak elyafın boyanmasını sağlayan boyar maddelerdir. Bütün reaktif boyar maddelerin ortak

özelliği, hepsinde kromofor taşıyan renkli grupların bulunmasının yanı sıra, hem moleküle çözünlük sağlayan, hem de reaktif olan gruplara sahip olmalarıdır⁽⁷⁾.

Bir reaktif boyar maddenin karakteristik yapısı şematik olarak Şekil 1.1'de görölmektedir.

Şekil.1.1.Reaktif boyar maddelerin karakteristik yapısı

S: (Suda çözünebilen grup) Selüloz ve protein elyafı boyayabilen reaktif boyar maddelerde 1-4 adet sülfonik asid grubu bulunur. Bu özel gruplar moleküle çözünlük sağlar.

C: (Moleküle renk veren grup) Reaktif boyar madde molekülünde renk verici grup olarak her türlü sınıfa rastlamak mümkündür. Ancak genelleme yapıldığında sarı, turuncu ve kırmızı boyar maddelerin basit mono azo yapısında; mor, koyu kırmızı ve lacivert renklerin bakırlı mono ve diazo yapısında; parlak ve açık mavi renklerin ise antrakınon ve fitalosiyenin türevleri olduğu bilinmektedir.

B: (Köprü bağları) Moleküldeki renkli grup ile reaktif grubu birbirine bağlayan; -NH-, -CO-, -SO₂- gibi gruplardır.

R: (Reaktif grup) Elyaftaki fonksiyonel grup ile kovalent bağ oluşturan gruptur⁽¹²⁾.

Şekil1.2. Remazol Brilliant Blue R'nin kimyasal formülü

Boyadaki reaktif grup ile reaksiyona girecek fonksiyonel gruplar, selüloz materyalinde hidroksil; yün ve ipekte ise amino, karboksil, hidroksil ve tiyaoalkol gruplarından oluşurlar. Poliamid özelliğindeki elyafda ise boyanmanın gerçekleşmesini sağlayan birden fazla amino ve karboksil grubu bulunmaktadır. Bütün bu gruplar nükleofilik karakterdedir ve bu nedenle reaktif grubun yapısındaki elektrofilik merkeze katılırlar. Boyamanın yapıldığı ortamda su mevcut olduğundan, sudaki hidroksil iyonları da reaktif grup ile reaksiyon verebilir, yani boyar maddenin hidrolizi söz konusudur. Hidroliz olmuş boyar madde elyaf ile reaksiyona giremez. Elyaf-boyar madde bağlanma reaksiyonu ile su-boyar madde hidroliz reaksiyonu yarışma halinde olduğundan, şartlar bağlanma reaksiyonu yararına olacak şekilde hazırlanmalıdır. İkinci olarak, reaktif boyar maddelerle boyanmanın başarısı, elyaf-boyar madde arasındaki kovalent bağın stabillitesine de bağlıdır. Bu bağın, yıkama ve apre işlemlerinde hidrolize karşı dayanıklı olması önemlidir.

Reaktif boyar maddelerin reaktivitesini etkileyen faktörler şunlardır.

- Heterosiklik halkanın yapısı
- Fonksiyonel grubun özellikleri

-Heterosiklik halkaya sahip diğer bileşiklerin özellikleri

Heterosiklik halkada azot atomu sayısı arttıkça, reaktif boyar maddelerin reaktifliği artar. Triazin halkasına sahip grupların reaktifliği, primidin halkasına sahip gruplardan fazladır. Yer değiştirme reaksiyonlarında yer değiştiren bileşenin elektron ilgisi arttıkça reaktivlik de artar. Örneğin, klor yerine flor ya da metil sülfon içeren heterosiklik grupların reaktifliği daha fazladır.

Reaktif boyar maddeler, reaktif grupların reaktivliklerine göre, yüksek reaktivliğe sahip reaktif boyar maddeler ve düşük reaktivliğe sahip boyar maddeler olmak üzere iki grupta toplanırlar. Yüksek reaktivliğe sahip reaktif boyar maddeler, düşük reaktivliğe sahip boyar maddelere oranla daha hızlı boyanır, aynı zamanda kimyasal madde ve enerji tüketimi daha azdır. Düşük reaktivliğe sahip reaktif boyar maddelerle yapılan boyama işlemlerinde hidroliz tehlikesinin daha az olması nedeniyle, boyar madde kaybı daha azdır^(13,14-15).

Reaktif boyar maddelerde bütün renk serisi bulunmaktadır ve renkleri oldukça parlaktır⁽¹⁶⁾.

III- Boyar maddelerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması

Boyar maddeleri yapısal olarak sınıflandırırken, molekülün temel yapısı esas alınabildiği gibi, molekülün kromojen ve renk verici özellikteki kısmı da esas olarak kabul edilebilir⁽¹⁷⁾. Buna göre boyar maddeler 7 gruba ayrılırlar:

- 1- Azo boyar maddeleri
- 2- Nitro ve nitrozo boyar maddeleri
- 3- Polimetin boyar maddeleri
- 4- Arilmetin boyar maddeleri
- 5- Aza⁽¹⁸⁾ boyar maddeleri

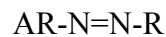
6- Karbonil boyar maddeleri

7- Kükürt boyar maddeleri

Çalışmamızda kullanılan azoboyar maddeleri, renk bakımından oldukça çeşitlilik gösteren ve sentetik boyaların en büyük grubunu oluşturan boyar maddelerdir. Endüstride çeşitli amaçlarla kullanılan 3000'den fazla azoboya mevcuttur⁽¹⁸⁾. Çevrede oluşturabilecekleri olası mutajenik etkileri ve yüksek renk yoğunlukları nedeniyle azoboyalar üzerinde dikkatle durulmaktadır^(1,19-20).

Şekil1.3. Orange 16'nın kimyasal formülü

Azoboyalar, yapılarındaki kromofor grup olan azo (-N=N-) grubu ile karakterize edilirler. Azo grubuna bağlanan karbon atomlarından biri aromatik (benzen, naftalin ve türevleri) veya heterosiklik halka, diğeri ise enolleşebilen alifatik zincire bağlı bir grup olabilir. Bu nedenle molekülde en az bir aril grubu bulunur. Azo boyar maddeler genel olarak



şeklinde formüllendirilebilir⁽¹⁷⁾. Burada R: Aril, heteroaril veya enolleşebilen alkildir

Alifatik grup içeren azoboyar maddelerinin renk şiddetleri düşüktür, renk tonları geniş bir spektruma sahiptir. Doğal boyar maddelerin hiçbirinde azo grubuna rastlanmaz ve tümü sentetik olarak elde edilir.

1.1. Atıksuların Genel Özellikleri

Atıksuların özellikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak gruplandırılabilir (21,22-23,24)

I. Fiziksel özellikler

- Sıcaklık: Sularda biyolojik aktiviteyi (organizmanın gelişim hızını) etkiler, gazların sudaki çözünürlüğünü değiştirir. Suyun tabakalaşması, yoğunlaşması, viskozitesi, yüzey gerilimi vb. sıcaklıkla değişir.
- Koku ve tat: Suyun estetik değerini etkiler. Diğer kirletici parametrelerin ve aerobik/anaerobik ortamların varlığının göstergelerinden biridir.
- Renk ve bulanıklık: Suya ışık sızmasını ve buna bağlı olarak organizma gelişimini etkiler. Suyun estetik özelliklerini değiştirir, sudaki yaşamı olumsuz etkileyebilir. Diğer kirleticilerin varlığının göstergelerinden biridir.
- Toplam katılar: Çözülmüş ve çözünmemiş maddelerin göstergesidir.

II. Kimyasal özellikler

- Yağ ve gres: Havalanmayı, dolayısıyla sudaki oksijen miktarını etkiler. Estetik değeri ve tadı bozar. Kuşları ve balıkları etkiler.
- Deterjan ve pestisitler: Köpük oluşturur, havalanmayı etkiler, oksijen gereksinimi yaratır, toksiktir.
- pH : Su yaşamını etkiler. Karbonat dengesini değiştirir.

- İletkenlik: Çözünmüş maddelerin göstergesidir.
- Tuzluluk: Yoğunluğu, tadı, osmotik basıncı ve iletkenliği değiştirir. Balık türlerini ve yumurtlamayı etkiler. Oksijeni etkiler.
- Azot, fosfor, ağır metal, radyoaktivite : Su yaşamını etkiler. Serbest amonyak ve nitrit toksik etki yaparken, nitrat insan sağlığını etkiler.

III: Biyolojik özellikler

Büyük nüfuslu yerleşim alanlarının ve endüstrinin yoğun olduğu bölgelerdeki fabrika sularının, arıtım tesislerinden geçirildikten sonra çevreye verilmesi gerekir. Ayrıca atıksuyun karışacağı dere, nehir, göl veya denizdeki seyreltilme derecesi ve atıksuyun karıştığı su kaynağının ne amaçla kullanılacağı da standart getirilmesi gereken faktörlerdendir. Kalite kriterini saptamak için gerekli olan parametre sayısı ve bu parametrelerin alt ve üst limitleri, suyun kullanılacağı amaca göre belirlenir.

1.2. Atıksuların Arıtım Yöntemleri

Atıksu arıtımı; suların çeşitli kullanımlar sonucunda atıksu haline dönüşerek yitirdikleri kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve boşaldıkları alıcı ortamın doğal, fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım işlemlerinin biri veya birkaçı olarak tanımlanabilir. Genel olarak atıksu arıtımını, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür^(22,25-26,27).

1.2.1. Fiziksel Arıtım Yöntemleri

Fiziksel arıtım işlemleri, atıksuyun içerdiği askıda kolloidal partikülleri ve diğer iri katı maddeleri sudan ayırarak, daha sonraki işlemlere arıtılmak üzere hazırlayan yöntemlerdir.

1.2.2. Kimyasal Arıtım Yöntemleri

Kimyasal arıtma işlemleri, atıksudaki bileşiklerin kimyasal yapısını değiştirerek onları arıtmaya yarar. Kimyasal arıtma işlemlerinde, daha az zararlı veya zararsız atıklar oluşur. Kullanılan kimyasal yöntemlerden birisi adsorpsiyondur.

Adsorbsiyon, klasik arıtma ile arıtılması güç olan ve zehirlilik, renk, koku vb. kirlilik oluşturan kimyasal maddelerin adsorblayıcı bir katı madde (adsorbent) yüzeyinde kimyasal bağlarla ayrılması işlemidir.

Çalışmada uyguladığımız biyosorpsiyon işlemi ise, çeşitli bileşenlerin (organik, inorganik, metal iyonu, vb.), biyolojik kökenli malzemeler tarafından ortam pH'ına bağlı olarak aktif ya da pasif adsorpsiyonu olarak tanımlanır. Pasif alınımlar; biyosorbent yüzeyindeki aktif merkezlere yüzey adsorpsiyonu, kompleks ve şelat oluşumu, yüzey çöktürme gibi mekanizmalarla gerçekleşir. Aktif alınımlar ise, kirleticinin canlı hücre içine alınımı şeklinde olup, kovalent bağ oluşumu, yüzey çöktürme, redoks reaksiyonları, hücre zarından stoplazmaya taşınım, stoplazmadaki protein, lipid gibi yapılara bağlanma ve vakuollerde birikme şeklindedir. Biyosorpsiyon oldukça hızlı bir işlem olması yanısıra çoğunlukla seçicidir. İyon ya da moleküllerin mikroorganizmaya biyosorpsiyon hızı ve kapasitesi; ortam pH'ı,

sıcaklık, başlangıç kirletici derişimi, biyosorbent miktarı, ortamda bulunan diğer anyon ve katyon derişimleri gibi pekçok parametreye bağlıdır^(28,29).

Mikroorganizmanın yapısının karmaşıklığı, hücreler tarafından iyonların tutulması için birçok yol olduğunu gösterir. Ölü hücelere biyosorpsiyon kinetiği iki basamakta incelenebilir. Birinci basamak yığın akıştaki adsorplanacak bileşenin hücre yüzeyine taşınması, ikinci basamak ise hücre yüzeyinde adsorpsiyon işlemidir.

Genelde biyosorpsiyon oldukça hızlı olup, mikroorganizma adsorplanan bileşen ile temasa geldikten kısa bir süre sonra denge oluşur^(28,29-30,31-32).

Mikroorganizmanın türü, yüzey özellikleri ve yapısındaki bileşenler, adsorplanan bileşenin cinsi, derişimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, ortam pH'ı ve sıcaklığı, diğer bileşenlerin varlığı, biyosorpsiyonu etkileyen en önemli parametrelerdir⁽³³⁾.

Mikroorganizmaların adsorpsiyon işleminde kullanılmasında, adsorpsiyon malzemesine biyosorbent adı verilir. Mikroorganizmalar ısı ile işlemle ya da özel kimyasallarla muamele edilerek biyosorbent olarak hazırlanabilir. Isıl işlemler etüvde kurutma, otoklavlama gibi yöntemleri kapsarken, kimyasal işlemler etil alkol, formaldehit, sodyum hidroksit gibi kimyasallarla hücrelerin temas ettirilmesini içerir⁽²⁹⁾.

1.2.3. Biyolojik Arıtım yöntemleri

Bu işlemlerde doğal ve yapay biyolojik tesislerde, kendi ağırlığı ile çökemeyen asılı ya da kolloidal taneciklerle çözünmüş organik maddelerin giderilmesi, organizmalar tarafından sağlanır. Bu maddeleri suda yaşayan canlılar,

besin ve enerji kaynağı olarak kullanırlar. Bu kullanım sırasında organik maddelerin bir kısmı enerjiye dönüştürülürken, diğer bir kısmı hücre için gerekli yeni maddelerin biyosentezinde kullanılır. Organizmalar ve buna bağlı olarak arıtma sistemleri, oksijenin kullanımına göre iki ana gruba ayrılır. Birinci grup, moleküler oksijenden yararlanan ve oksijen bulunan yerlerde yaşayabilecek aerobik organizmalar, ikinci grup ise oksijensiz yerlerde yaşayabilecek anaerobik organizmalardır^(26,34).

Atıksuların biyolojik arıtımında önem taşıyan başlıca mikroorganizmalar; bakteriler, mantarlar, algler, protozolar; rotiferler, kabuklular ve virüslerdir.

Algler genellikle tatlı su ve denizlerde yaşarlar. Başlangıçta, sınıflandırılmalarında birkaç temel özellik dikkate alınırken bugün, morfolojik, sitolojik ve evrimsel gelişmelerin yanısıra mikroskobik, kimyasal ve genetiksel yapıları da dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Algler yapısal özelliklerine göre 7 bölümde incelenirler:

- 1-Cyanophyta (mavi-yeşil algler)
- 2-Euglenophyta (kamçılı algler)
- 3-Pyrophyta (ateş rengi algler)
- 4-Crysophyta (altın rengi algler)
- 5-Chlorophyta (yeşil algler)
- 6-Phaeophyta (kahverengi algler)
- 7-Rhodophyta (kırmızı algler)

Algler, görünüşleri bakımından değişik biçimler sergileyen canlılardır. Tek hücreli olabildikleri gibi koloniler de oluşturabilirler; iplikli formlardan hücre tabakalarından oluşmuş yapılara (tallus) kadar değişik formlarda bulunabilirler.

Algleri, morfolojik özelliklerine göre tek hücreli kamçısız algler ve tek hücreli kamçılı algler şeklinde gruplandırabiliriz.

Çalışmada kullanılan *Scenedesmus quadricauda* Chlorophyta sınıfına aittir. Chlorophyta (yeşil algler) hareketli veya hareketsiz, tek hücreli veya koloni, dallanmış veya dallanmamış, ipliksi, yapraksı, yassı, şerit, tüpsü, çok dallanmış çalı gibi görünüşlü şekillerde olabilen bir kısmı mikroskopik, bir kısmı makroskopik alglerdir. Yapılarında oldukça yüksek oranda protein içerirler⁽³⁵⁾. Çalışmamızda kullanılan *Scenedesmus* bütün tatlı sularda yaygın olarak bulunur. *Scenedesmus* türlerinin varlığı veya yokluğu, su kalitesinin değerlendirmesinde kullanılabilir⁽³⁶⁾.

Scenedesmus hücrelerinin genel görünümü mekik biçimindedir. Bazıları tek, bazıları da 2 sıralı 4, 8 nadiren 16'lı koloniler oluşturur. Hücre boyutları ve şekil gibi çevre şartlarındaki değişikliklerle koloni formundan tek hücrelere ayrılmaya meyillidirler. Hücreler eliptik, iğ ya da yay şeklindedir. Birçok türde terminal hücreler spinlidir. Hücre duvarları genellikle düzgün fakat bazı türlerde granüllü veya çıkıntılıdır. Kloroplastları bir veya birkaç tane tabak şeklindedir. Üremeleri aseksüel otosporlarla gerçekleşir^(37,38).

Alglerle yapılan biyolojik arıtımda genelde alglerin tutkulanmış formları kullanılır. Alg tutuklanmasında genellikle aljinat ve karragenan doğal polimerleri kullanılmaktadır⁽³⁹⁾.

Tutuklama yöntemleri “taşıyıcıya bağlanma yöntemi ile tutuklama” ve “taşıyıcı içinde alıkonularak tutuklanma” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Taşıyıcıya bağlanma yönteminde; suda çözünmeyen matrikse tutuklanacak materyalin, fiziksel ve kimyasal etkileşimlerle tutuklanması gerçekleştirilmektedir. Adsorpsiyon ile tutuklama, kovalent bağlanma ve çapraz bağlama metotları, bu grup içinde yer alır.

Taşıyıcı içinde alıkonularak tutuklama metodunda ise tutuklanacak materyal bir polimer matriksin örgü yapısı içerisinde (örgü tutuklama)veya etrafı çevrili bir membran içerisinde alıkonulur.⁽⁴⁰⁾ Örgü tutuklamasının, jel ve fiber tutuklaması olarak iki tipi mevcuttur. Jel tipinde, doğal polimerler (kollagen, agaroz, selüloz, aljinat, agar, karragenan vs.) kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Aljinat, Kalsiyum klorür (CaCl₂), Sodyum hidroksit (NaOH), Remazol Brilliant Blue R (Sigma A 8001), Reactive Orange 16 Sigma Aldrich (30,650-9) (St. Louis, USA) firmasından, hidroklorik asit (HCl) Merck AG (Darmstadt) firmasından; çalışmalarda kullanılan tüm kimyasallar, analitik saflıkta elde edildi.

2.1.2. Kullanılan Cihazlar

Çalkalamalı inkübatör (Heidolp, Unimax 1010), pH metre (Hanna, pH 211), Elektronik terazi (And GR-120 model), Spektrofotometre (Sellecta), Etüv (Nüve İnkibatör), Çoklu karıştırıcı (Velp Scientifica), SEM (JEOL Model JMS 5600).

2.1.3. Mikroorganizma

Çalışmalarda, Ankara Mogan Gölü'nden Dr. Tahir Atıcı tarafından izole edilen ve tanımlanan Chlorophyta grubuna ait mikroalg *Scenedesmus quadricauda* kullanıldı.

2.2.Yöntem

2.2.1. *S. quadricauda*'nın Üretim Ortamı

S. quadricauda'nın üretilmesi için kullanılan BG11 besiyeri (Rippka,1988) göre yapıldı. BG11 besiyerinin (stok solüsyon g/100ml olarak;15 NaNO₂, 0.4 K₂HPO₄, 0.75 MgSO₄ .7H₂O, 0.36 CaCl₂.2H₂O, 0.06 Sitrik asit, 0.06 Ferrik amonyum sitrat, 0.01 Na₂EDTA, 0.2 Na₂CO₃ 100 ml distile su ve iz elementler, mg/ml olarak; 61H₃PO₃, 169MnSO₄2H₂O, 287 Zn SO₄. 7H₂O, 2.5 Cu SO₄. 5H₂O, 12.5(NH₄)₆.MO₇O₂₄, 4H₂O, 1000 ml distile su) hazırlanması için 919 ml distile suya, hazırlanan iz element solüsyonundan 80 ml ilave edildi. Besi ortamı 1Atm basınç altında, 121 °C'de 15 dakika sterilize edilerek organizmaların üretimi sağlandı.

2.2.2. *S. quadricauda*'nın Ca-Aljinata Tutuklanması

2 g aljinat (Macrosytia pyrifera, high viscosity, Sigma, Chem.Co.,USA) 100 ml distile su içerisinde karıştırılarak çözüldü ve 4000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilerek 3 kez yıkanan alg kültürü ile karıştırıldı. Karışım, sürekli karıştırılan 100mM CaCl₂ çözeltisi içerisinde 1 saat karıştırıldı. Hazırlanan tutuklanmış *S.quadricauda* aljinat küreleri, deneylerde kullanılmak üzere 5 mM CaCl₂ içinde + 4 °C'de saklandı. Alg içeren kürelerin bir kısmı ayrıldı ve 98 °C'de 10 dakika kaynatılarak tutuklanmış alglerin inaktif formları elde edildi. Boş aljinat küreleri ile tutuklanmış canlı ve inaktif alg içeren aljinat küreleri 50 °C'de 1 gece kurutulup tartılarak tutuklanmış örneklerin kuru ağırlık tayinleri yapıldı.

2.2.3. Renk Gideriminin Ölçülmesi

Renk giderim ölçümleri spektrofotometre kullanılarak Remazol Brilliant Blue R için 595 nm, Reactive Orange 16 için ise 388 nm dalga boyunda yapıldı.

2.2.4. Tutuklanmış *S. quadricauda*'nın Renk Giderim Aktivitesi İçin Uygun Koşulların Saptanması

2.2.4.1. Uygun Boya Konsantrasyonunun Saptanması

Uygun boya konsantrasyonunun saptanması amacıyla, iki boya içinde ayrı ayrı 100 ml distile su /250 ml'lik erlenmayer olacak şekilde hazırlanan ortamlara sırasıyla 0.0025, 0.0050, 0.0075, 0.010, 0.015, 0.025 g Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16 boyası eklendi. Manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak boyanın tamamen çözünmesi sağlandı. Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve boş aljinat küreleri 150 rpm döngüsel çalkalama hızında farklı konsantrasyonda hazırlanan boyalar ile 24 saat muamele edildi. İnkübasyon süresinin sonunda Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve boş aljinat küreleri süzülerek ortamdan ayrıldı. Ortamda kalan boya konsantrasyonu Reactive Orange 16 için 388 nm'de, Remazol Brilliant Blue R için ise 595 nm'de spektrofotometre kullanılarak ölçüldü.

2.2.4.2. Uygun pH Değerinin Saptanması

Uygun pH değerinin saptanması amacıyla, iki boya içinde ayrı ayrı pH 2.0-8.0 aralığında ayarlanmış 100 ml distile su /250 ml'lik erlenmayer olacak şekilde hazırlanan ortamlara sırasıyla 0.015 g Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16 boyası eklendi. Manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak boyanın tamamen çözünmesi

sağlandı. Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve ısıyla inaktive edilmiş *S.quadricauda* ve boş aljinat küreleri ile hazırlanan boyalar 150 rpm döngüsel çalkalama hızında 24 saat muamele edildi. İnkübasyon süresinin sonunda Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve ısıyla inaktive edilmiş *S. quadricauda* ile boş aljinat küreleri süzülerek ortamdan ayrıldı. Ortamda kalan boya konsantrasyonu Reactive Orange 16 için 388 nm’de, Remazol Brilliant Blue R için ise 595 nm’de spektrofotometre kullanılarak ölçüldü.

2.2.4.3. Uygun Sıcaklığın Saptanması

Uygun sıcaklığın saptanması amacıyla, iki boya içinde ayrı ayrı pH 2.0’ye ayarlanmış 100 ml distile su /250 ml’lik erlenmayer olacak şekilde hazırlanan ortamlara 0.015 g Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16 boyası eklendi. Manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak boyanın tamamen çözünmesi sağlandı. Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve ısıyla inaktive edilmiş *S.quadricauda* ve boş aljinat küreleri ile hazırlanan boyalar 25°C, 30°C, 35°C, 40°C ve 45 °C’de 150 rpm döngüsel çalkalama hızında 24 saat muamele edildi. İnkübasyon süresinin sonunda Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve ısıyla inaktive edilmiş *S. quadricauda* ile boş aljinat küreleri süzülerek ortamdan ayrıldı. Ortamda kalan boya konsantrasyonu Reactive Orange 16 için 388 nm’de, Remazol Brilliant Blue R için ise 595 nm’de spektrofotometre kullanılarak ölçüldü.

2.2.4.4. İnkübasyon Süresinin Renk Giderimine Etkisi

İnkübasyon süresinin renk giderimine etkisinin saptanması amacıyla, iki boya içinde ayrı ayrı pH 2.0’ye ayarlanmış 100 ml distile su /250 ml’lik erlenmayer olacak

şekilde hazırlanan ortamlara 0.015 g Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16 boyası eklendi. Manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak boyanın tamamen çözünmesi sağlandı. Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve ısıyla inaktive edilmiş *S. quadricauda* ve boş aljinat küreleri ile hazırlanan boyalar 25°C'de 150 rpm döngüsel çalkalama hızında 30 dakika, 1, 3, 5, 7, 9, 16, 18 ve 24 saat muamele edildi. İnkübasyon süresinin sonunda Ca-aljinatla tutuklanmış canlı ve ısıyla inaktive edilmiş *S. quadricauda* ile boş aljinat küreleri süzülerek ortamdan ayrıldı. Ortamda kalan boya konsantrasyonu Reactive Orange 16 için 388 nm'de, Remazol Brilliant Blue R için ise 595 nm'de spektrofotometre kullanılarak ölçüldü.

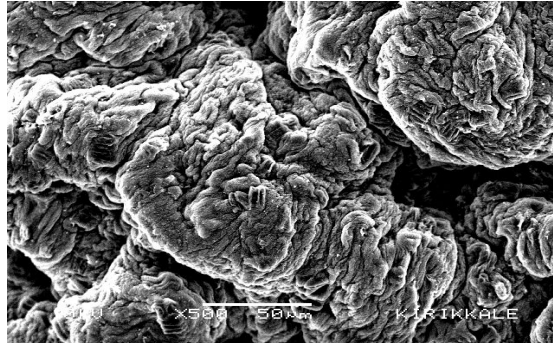
2.2.5.SEM Çalışması

Boş aljinat küresi ve tutuklanmış canlı *Scenedesmus quadricauda* içeren aljinat küreleri vakum altında ince bir altın tabaka ile kaplandı ve elektron mikroskobu ile tarandı (JOEL JMS 5600).

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Aljinat Küreleri

ÇalıŐmalarımızda Ca-aljinat içerisine tutuklanmış *S. quadricauda*'nın tekstil boyar maddesi olan Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16 'nın renk giderimine etkisi araŐtırıldı. Elektron Mikroskop fotoğraf çekimleri için rnekler, Bölüm 2.2.5.'de verildiği Şekilde hazırlandı. Tutuklanmış *Scenedesmus quadricauda* ile boş aljinat kürelerinin elektron mikroskop çekimleri Şekil 3.1(A) ve (B)'de verilmiştir.



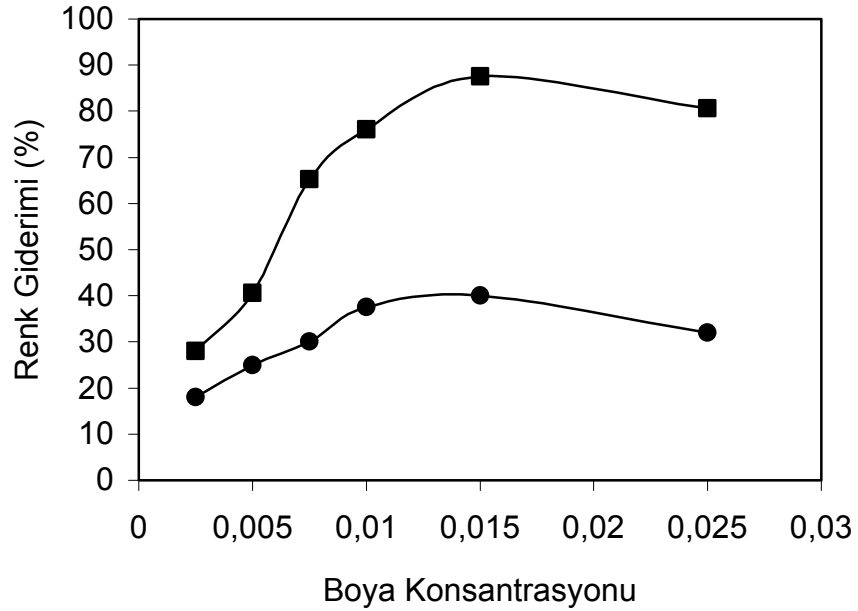
Şekil 3.1. *Scenedesmus quadricauda* tutuklanmış aljinat küresi (A) ve Boş aljinat küresi (B)

3.2. Tutuklanmış *S. quadricauda*'nın Renk Giderim Aktivitesi İçin Uygun

Koşulların Saptanması

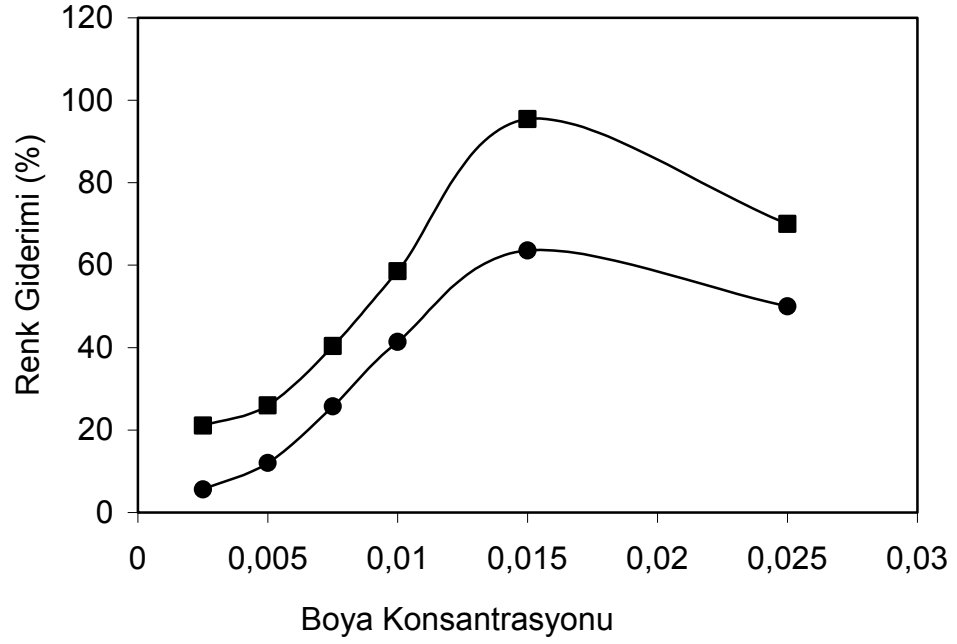
3.2.1. Uygun Boya Konsantrasyonunun Saptanması

Bölüm 2.2.4.1.'de anlatıldığı şekilde farklı boya konsantrasyonlarıyla yapılan çalışma sonucunda, en uygun boya konsantrasyonunun 0.015 g olduğu tespit edilmiştir. Spektrofotometre ile yapılan ölçümler sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de verilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu boya konsantrasyonu kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Remazol Brilliant Blue R için uygun boya konsantrasyonu

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda*

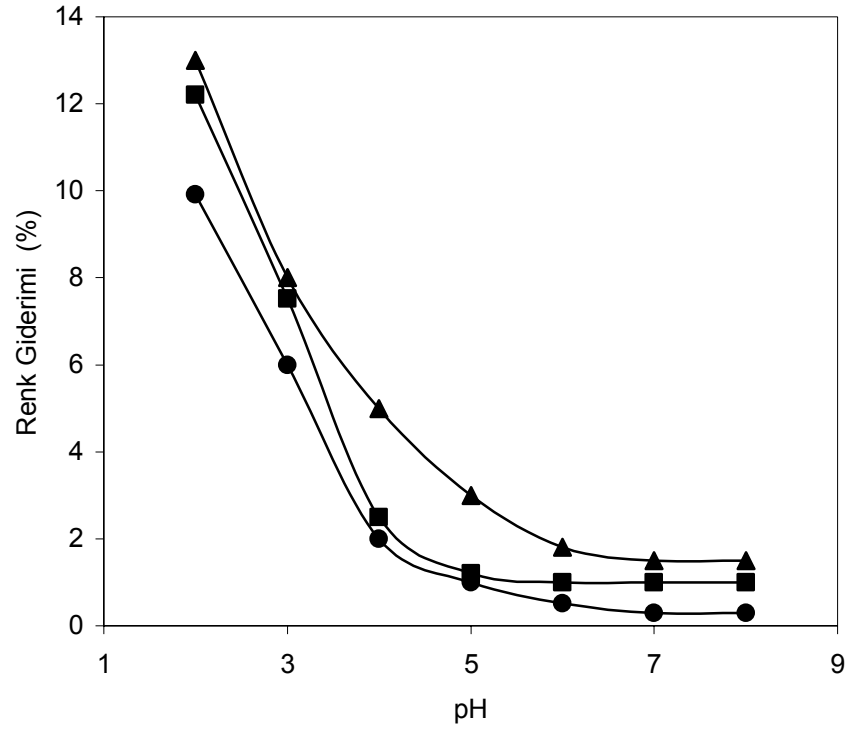


Şekil 3.3. Reactive Orange 16 için uygun boya konsantrasyonu

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda*

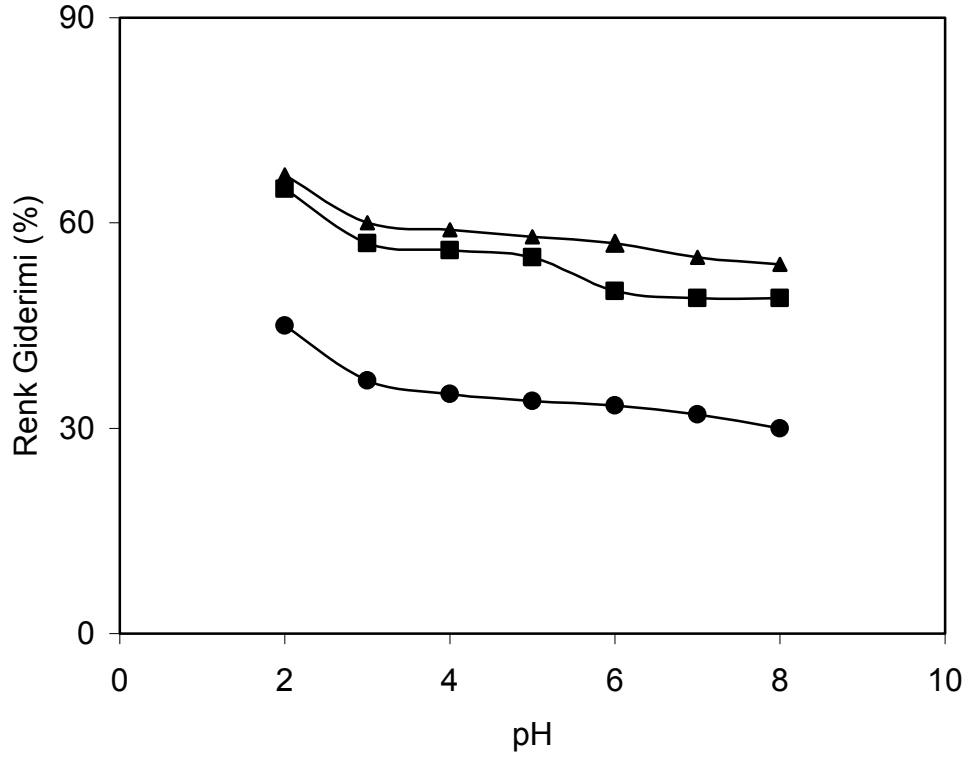
3.2.2. Uygun pH Değerinin Saptanması

Boş küre, tutuklanmış canlı ve ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*'nın Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16'nın renk giderimine, farklı pH'ların etkisinin denendiği çalışmadaki reaksiyon koşulları Bölüm 2.2.4.2'de verildiği şekilde hazırlanmıştır. Her iki boya için de en uygun pH'nın 2.0 olduğu tespit edilmiştir. Spektrofotometre ile yapılan ölçümler sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 3.4.'ve Şekil 3.5'de verilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar bu pH değerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Remazol Brilliant Blue R için pH'nın renk giderimine etkisi

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda* ▲: aljinata tutuklanmış ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda* (Sıcaklık= 25°C, Başlangıç boya konsantrasyonu= 0.015 g /100 ml)



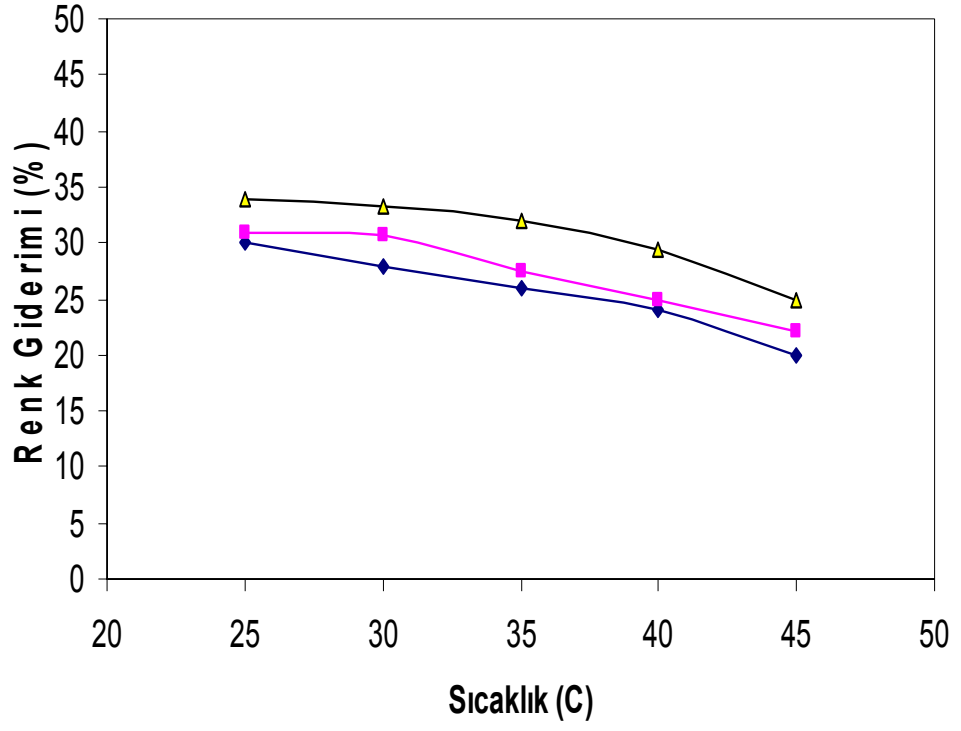
Şekil 3.5. Reactive Orange 16 için pH'nın renk giderimine etkisi

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda* ▲: aljinata tutuklanmış ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*

(Sıcaklık= 25°C, Başlangıç boya konsantrasyonu= 0.015 g /100 ml)

3.2.3. Uygun Sıcaklığın Saptanması

Boş küre, tutuklanmış canlı ve ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*'nın Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16'nın renk giderimine farklı sıcaklıkların etkisinin denendiği çalışmadaki reaksiyon koşulları Bölüm 2.2.4.3'de verildiği şekilde hazırlanmıştır. Her iki boya içinde en uygun sıcaklığın 25 °C olduğu tespit edilmiştir. Spektrofotometre ile yapılan ölçümler sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 3.6 ve Şekil 3.7.'da verilmiştir.

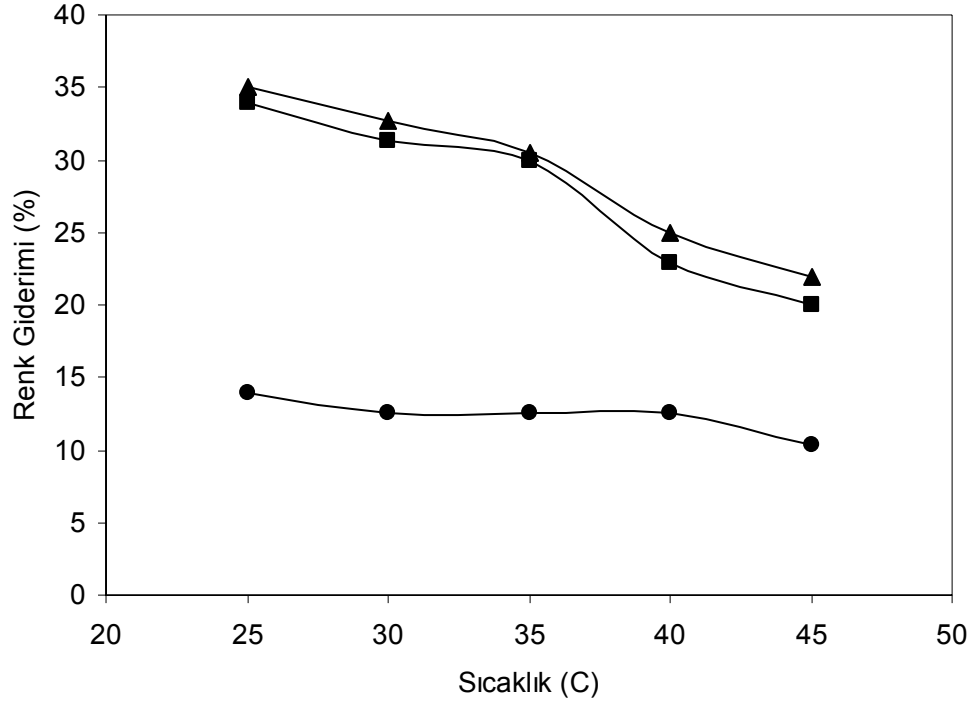


Şekil 3.6. Remazol Brilliant Blue R için sıcaklığın renk giderimine etkisi

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda* ▲:

aljinata tutuklanmış ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*

(pH: 2.0, Başlangıç boya konsantrasyonu= 0.015 g /100 ml)

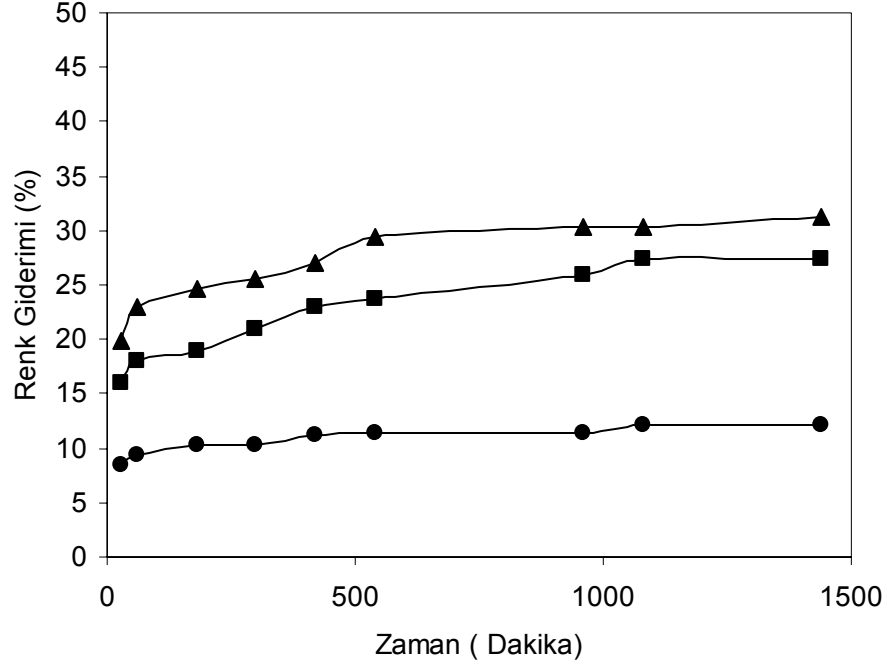


Şekil 3.7. Reactive Orange 16 için sıcaklığın renk giderimine etkisi

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda* ▲: aljinata tutuklanmış ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*
(pH: 2.0, Başlangıç boya konsantrasyonu= 0.015 g /100 ml)

3.2.4. İnkübasyon Süresinin Renk Giderimine Etkisi

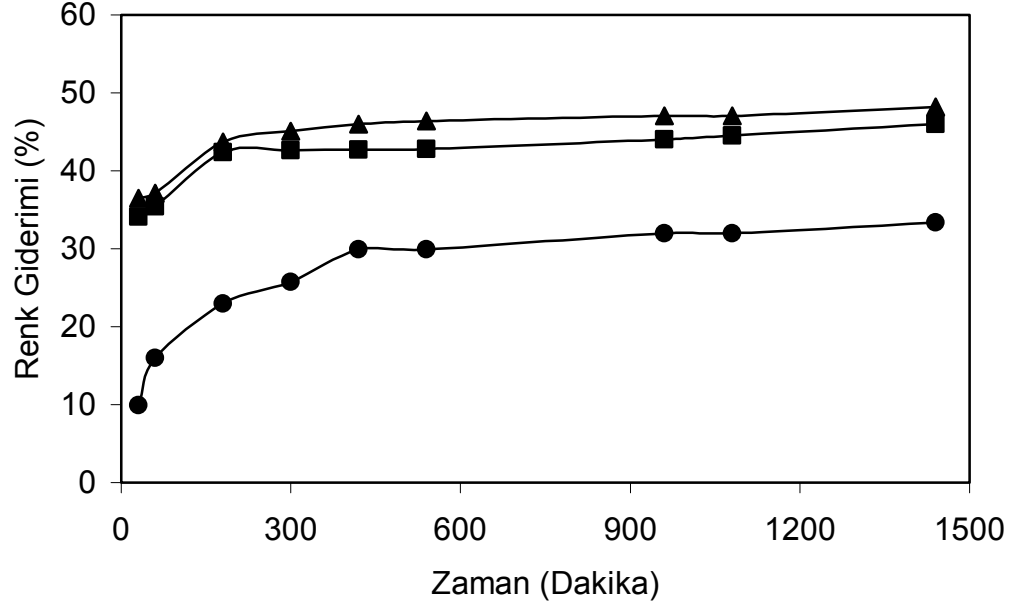
Boş küre, tutuklanmış canlı ve ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*'nın Remazol Brilliant Blue R ve Reactive Orange 16'nın renk giderimine inkübasyon süresinin etkisinin denendiği çalışmadaki reaksiyon koşulları Bölüm 2.2.4.4'de verildiği şekilde hazırlanmıştır. Spektrofotometre ile yapılan ölçümler sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 3.8 ve Şekil 3.9.'da verilmiştir.



Şekil 3.8. Remazol Brilliant Blue R için inkübasyon süresinin renk giderimine etkisi

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda* ▲: aljinata tutuklanmış ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*

(pH: 2.0, 25 °C, Başlangıç boya konsantrasyonu= 0.015 g /100 ml)



Şekil 3.9. Reactive Orange 16 için inkübasyon süresinin renk giderimine etkisi

●: Boş aljinat küresi; ■: aljinata tutuklanmış canlı *S. quadricauda* ▲: aljinata tutuklanmış ısı ile inaktive edilmiş *S. quadricauda*
 (pH: 2.0, 25 °C, Başlangıç boya konsantrasyonu= 0.015 g /100 ml)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde renk giderimi için genelde fizikokimyasal işlemler kullanılmaktadır. Fakat bu işlemlerin maliyetinin yüksek olması ve pek çok boya için uygun olmaması, alternatif yöntemlere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Suda çok az miktarda boya bulunması bile rengi değiştirmekte, suyun geçirgenliğini ve çözünebilirliğini etkilemektedir. Boyalar genelde kompleks aromatik yapıda olduklarından arıtmaları oldukça zordur. Bu yüzden araştırmacılar renk giderimi için alternatif yöntemler üzerinde çalışmaktadırlar. Biyoteknolojik çalışmalar bu açıdan ümit vericidir.

Çalışmamızda reaktif bir boya olan Remazol Brilliant Blue R ve bir azoboya olan Orange 16'nın renginin gideriminde *S. quadricauda*'nın kullanılabilirliği araştırılmıştır. Daha önceki çalışmalarda bu algin tutuklanmış formunun boya yıkım yetenekleri bildirilmemiştir. Bu çalışmada her iki boyanın da en uygun renk giderim koşulları ve tutuklamanın kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

S. quadricauda diğer planktonlarla karşılaştırıldığında, su kirliliğine karşı oldukça dirençli bulunmuştur^(41,42).

Pek çok azoboyanın renkleri oldukça zor giderilmektedir. Renk gideriminde kullanılan tekniklerin maliyetleri yüksek olduğundan, renkli organik bileşikler çevre kirliliği yaratan etmenler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Boya içeren atıklar, renklerinden dolayı estetik açıdan da oldukça uygunsuz görülür. Tekstil ve boya fabrikalarının alıcı ortamlara sürekli olarak atık vermesi, potansiyel kirletici konumları üzerinde araştırma yapılması ihtiyacını daha da arttırmaktadır.

Tutuklanmış alglerle tekstil boyalarının renginin giderimi konusunda en uygun şartların (pH, sıcaklık, boya konsantrasyonu) daha önceden tespit edilmemiş olması böyle bir çalışmanın yapılması gereğini ortaya koymuştur.

Çalışmamızın ilk aşamasında en uygun boya konsantrasyonunun saptanmasına çalışılmış ve *S. quadricauda* ile en yüksek renk giderimi hem Remazol Brilliant Blue R, hem de Orange 16 için 0.015 g/ 100 ml boya olarak saptanmıştır.

Çalışmamızın ikinci aşamasında ise en uygun başlangıç pH'ının tespiti için kurulan düzenek sonucunda *S. quadricauda* tarafından en yüksek renk giderimi her iki boya içinde pH 2.0'de gözlenmiştir. Aksu ve Tezer'in *Chlorella vulgaris* ile yaptıkları çalışmada da en yüksek renk giderimi pH 2.0'de tespit edilmiştir⁽⁴³⁾.

Çalışmamızın üçüncü aşamasında en uygun sıcaklık derecesi araştırılmış ve *S. quadricauda* ile her iki boya içinde en yüksek renk giderimi 25 °C'de elde edilmiştir. Saptanan bu sıcaklık derecesi, literatür verileriyle de uygunluk göstermektedir^(44,45).

Aljinat suda çözünebilen doğal bir polimer olduğundan ve kalsiyum içerisinde hidrojel oluşturabildiğinden mikroorganizmaların ve enzimlerin tutuklanmasında kullanılmaktadır. Bu şekilde tutuklanan mikroorganizmaların, adsorpsiyon işlemlerinde tekrar tekrar kullanılma şansı vardır. Şekil A ve B'de *S. quadricauda* tutuklanmış aljinat küresi ve boş aljinat küresinin elektron mikroskop fotoğrafları yer almaktadır. Örnekler Bölüm2.2.5'de anlatıldığı şekilde hazırlanmıştır. Şekil 3.1 A'da aljinat içerisine tutuklanmış mikroalgler açıkça görülmektedir. Organizmalar aljinat küresinin her tarafına homojen şekilde dağılmıştır. Kuru ağırlık olarak bir aljinat küresi içerisinde 0.001 g *S. quadricauda* tutuklanmıştır.

Tutuklanmış canlı *S.quadricauda* içeren aljinat kürelerinin biyosorpsiyon kapasiteleri, ısı ile inaktive edilmiş *S.quadricauda*'ya kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Çalışmamızda tutuklanmış hücreler ile yüksek renk giderim değerlerine ulaşılmış olması, tutuklama tekniğinin bu algler için uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Tutuklanmış hücreler kullanmanın en önemli avantajı, hücrelerin tekrar tekrar kullanılabilmesi ve yöntemin ekonomik oluşudur.

Sonuç olarak bu alglerin ve tutuklanmış formları, renk gideriminde alternatif bir biyoteknolojik yöntem olarak düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. I.M. Banat, P. Nigam, D. Singh, R. Marchant, “Microbial Decolorization of Textile-Dye-Containing Effluents: A Review”, *Bioresource Technology*, **58**,217-227(1996).
2. Y. Wong, Yu., “Laccase-Catalyzed Decolorization of Synthetic Dyes”. *Wat.Res.*, **33(16)**,3512-3520(1999).
3. J. Swamy, J.A. Ramsay, . “Effects of Glucose and NH_4^+ Concentrations on Sequential Dye Decolorization by *Trametes versicolor*”, *Enzyme and Microbial Technology*, **25**,278-284(1999).
4. B. Arıkan,, Flokulasyonun Tekstil Atıksularının Arıtılmasında ve E.coli Eliminasyonuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana,1987.
5. M. Başbüyük, Biological Treatment of A Simulated Textile Wastewater.Ph.D. Thesis University Of Birmingham,England,1998.
6. L.E. Shriver, R.R. Dague, Textile Dye Process Waste Treatment With Reuse Considerations.Proceeding of The 32nd Industrial Waste Conference Burdick Univ., Lafayatte,İndiana,U.S.A.581-592(1997).
7. İ. Başer, Y. İnancı, “Boyarmadde Kimyası”,Marmara Üniv.Teknik Eğitim Fak.Yayın No:2, İstanbul, 47-52, 103-105(1990).
8. T. Panswad, W. Luangdilok, “Decolorization of Reactive Dyes With Different Molecular Structures Under Different Environmental Conditions”, *Wat.Res.*, **34(17)**, 4277-4184 (2000).
9. D.A. Oxspring, G. McMullan, W.Franklyn, R. Merchant, “Decolorisation and Metabolism of the Reactive Textile Dye, Remazol Black B, by an Immobilized Microbial Consortium” *Biotechnology Letters* **18(5)**,527-530(1996).

10. C.M. Carliell, S.J. Barclay, N. Naidoo, C.A. Buckley, D.A. Mulholland, E. Senior, "Microbial Decolorisation of a Reactive Azo Dye Under Anaerobic Conditions", *Water SA*, **21(1)**,61-69(1995).
11. S. Chinwetkitvanich, M. Tuntoolvest, T. Panswad, "Anaerobic Decolorization of Reactive Dyebath Effluents by a Two-Stage UASB System with Tapioca as CoSubstrate", *Wat.Res.*, **34(8)**,2223-2232(2000).
12. S. Sumathi and BS. Manju., Uptake of Reactive Textile Dyes by *Aspergillus foetidus*. *Enzyme Microbiol. Technol.*, 27-347(2000).
13. R-S Juang, R-L Tseng, F-C Wu and S-H. Lee, Adsorption Behavior of Reactive Dyes from Aqueous Solutions on Chitosan. *J Chem Technol Biotechnol*; **70**,391(1997).
14. S.D. Lambert, N.J.D. Graham, C.J. Sollars, and G.D. Fowler, Evaluation of Inorganic Adsorbents for the Removal of Problematic Textile Dyes and Pesticides. *Wat.Sci. Technol.*, **36**,173-180(1997).
15. C.K. Lee, K.S. Low, and P.Y. Gan, Removal of Some Organic Dyes by Acid Treated Spent Bleaching Earth. *Process.Biochem.*, **34**, 451-465(1999).
16. Y. Özcan, "Tekstil Elyaf ve Boya Tekniği",İstanbul Üniv. Yayın No:2557, 311-335(1978).
17. Y. Arıcı, Tekstil endüstrisinde reaktif boyarmaddelerden kaynaklanan rengin fenton prosesi ile giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2000.
18. F. Zhang, J. YU, Decolorization of Acid Violet 7 With Complex Pellets of White Rot Fungus and Activated Carbon, *Bioprocess Engineering*, **23**,195-301(2000).
19. K.T. Chung, S. J.R. Stevens, Decolorization of Azo Dyes by Environmental Microorganism and Helmiths, *Environ. Toxic. Chem.*, 12p.2121,2132(1993).

20. J.S. Knapp, P.S. Newby, L.P. Reece, Decolorization of Dyes by Wood Rotting Basidiomycete Fungi, *Enzyme and Microbial Technology*, **17**, 664-668(1995).
21. W. J. J.R.Weber, *Physicochemical Processes for Water Quality Control*, Willey Interscience, New York.1972.
22. L. Metcalf, H.P. Eddy, *Wastewater Engineering*, 3 rd. Ed., Mc Graw Hill, N.Y., 48-126(1991).
23. T. Özbelge, Atıksu özellikleri ve Analizleri, Endüstriyel Atıksu Arıtımı, Bölüm 1, TMMOB Kimya Mühendisliği Odası Yayınları, Ankara.1-28(1992).
24. K.Haktanır, and S. Arcak, Çevre Kirliliği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1503, 204-206(1998).
25. D.W. Sundstrom, and H.E. Klei, *Wastewater Treatment*, Prentice Hall., Inc. U.S.A. 1979.
26. W. J. Clark, W. Viessman, and M. J. Hanmer, *Water Supply and Pollution Control*, 2nd ed., International Textbook Company, 285-566(1971).
27. J. E. Zajic, *Water Pollution*, Marcel Dekker Inc., 389p,1971.
28. Y. Sağ, Atıksulardaki Ağır Metal İyonlarının Giderilmesi ve Geri Kazanılması için En Uygun Biyosorbent Türünün Seçilmesi ve Değişik Reaktör Sistemlerinin Matematiksel İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.1993.
29. Z. Aksu, Atık Sulardaki Ağır Metal İyonların Yeşil Alglerden *Chlorella vulgaris*'e Adsorpsiyonunun Kesikli Düzendeki Karıştırmalı ve Akışkan Yatak Tepkime Kaplarında İncelenmesi: Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.1988.
30. M. Tsezos, and B. Volesky, Biosorption of Uranium and Thorium, *Biotechnol. Bioeng.*, **23**, 583-604(1981).

31. Z. Aksu, and T. Kutsal A Comparative Study for Biosorption Characteristics of Heavy Metal Ions with *Chlorella Vulgaris*, Environ. Technol., **11**, 979-987(1990).
32. F. Kargı, Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler, D.E.Ü., Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:234.İzmir.1993.
33. Y.P. Ting, F. Lawson, and I.G. Prince Uptake of Cadmium and Zinc by the Algae *Chlorella vulgaris*: Multi-Ion Situation, Part 1. Individual ion species, Biotechnol. Bioeng.,**37**,445-455(1991).
34. I.E. Gönenç, Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtması, Su Kirlenmesi Araştırmaları Türk Milli Komitesi Teknoloji İletimi Semineri No:1, İstanbul Sanayi Odası,16-19(1991).
35. A.L. Ralph, Physiology and Biochemistry of Algae: 3rd ed. Academic Press, USA.1967.
36. E. Kessler, Scenedesmus:Problems of a highly variable genus of green algae, Botanica Acta, **104**,169-171(1991).
37. H.Güner, V. Aysel, Tohumuz Bitkiler Sistematığı, I. Cilt, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Ana Bilim Dalı, İzmir.1991.
38. C.J. Soeder, E. Hegewald, *Scenedesmus*, in Micro-algal Biotechnology, Cambridge University Press, 59-84, Cambridge.1992.
39. N. Mallick, L.C. Rai, World J. Microbiol. Biotechnol., **10**, 439-443(1994).
40. T. Danışman, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Haziran,(2002).
41. Kent, A.R., Weinberg, P., Multibiological-level Responses of Freshwater Phytoplankton to Pesticide Stress, Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 10, 209-216 (1991).

42. Fargaso, A., Toxicity determination of plant growth hormones on aquatic alga-
Scenedesmus quadricauda, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **52**, 706-711(1991).
43. Z. Aksu, S. Tezer, *Process Biochemistry*, **40**, 2-3, 1347,(2005).
44. D.A., Owiping, G. Mc Mullan , W.F., Smyth, R. Marchant, *Microbial Consortium Biotechnol. Lett.*, **18**, 527, (1996).
45. Ö. Yeşilada, B. Özcan, *Tr. J. Of Biology*, **22**, 463, (1998).

