

T.C.

NİĞDE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ATIK SUDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLER YOLUYLA TEKSTİL BOYASI
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

KÜBRA METİN TATLIĞÜN

Haziran 2015

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ATIK SUDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLER YOLUYLA TEKSTİL BOYASI
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

KÜBRA METİN TATLIGÜN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Tuba ARTAN ONAT

Haziran2015

Kübra METİN TATLIGÜN tarafından Yrd. Doç . Dr. Tuba ARTAN ONAT danışmanlığında hazırlanan “**Atık Sudan İzole Edilen Bakteriler Yoluyla Tekstil Boyası Gideriminin Araştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

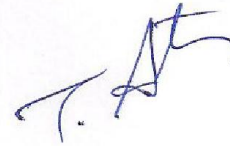
Başkan : Doç. Dr. Murat KAYA
Aksaray Üniversitesi
Sabire Yazıcı Fen-Edebiyat Fakültesi
Biyoteknoloji ve Moleküler Biyoloji Bölümü



Üye : Yrd. Doç. Dr. Cemil İŞLEK
Niğde Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü



Üye : Yrd. Doç. Dr. Tuba ARTAN ONAT (Danışman)
Niğde Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kübra METİN TATLIGÜN



ÖZET

ATIK SUDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLER YOLUYLA TEKSTİL BOYASI GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

METİN TATLIGÜN, Kübra
Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Tuba ARTAN ONAT

Haziran 2015, Sayfa: 52

Tekstil sanayinde kullanılan boyalar ciddi çevre sorunlarına yol açmakta ve bu nedenle giderilmeleri önem kazanmaktadır. Boya gideriminde fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılabilmekte, biyolojik yöntemlerin daha az toksik atık oluşturması ve maliyetinin daha az olması gibi avantajları bulunmaktadır. Yapılan tez çalışmasında fabrika atık suyundan izole edilen bakteriyel kültürün atık kullanılarak hazırlanan melaslı besiyeri ve hazır ticari besiyerinde boya giderim etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Birko halı fabrikasından temin edilmiş dört farklı boya (Dorakril mavisi, Astrazon kırmızısı, Maksilon kırmızısı, Altın sarısı) giderimi başlangıç pH, boya konsantrasyonu ve sıcaklık etkisi araştırılmıştır. Nutrient broth besiyerinde Dorakril mavisi için pH 7, Astrazon kırmızısı için pH 6, Maksilon kırmızısı için pH 8 ve altın sarısı için pH 6 seçilmiştir. Bunun yanında melaslı besiyerinde tüm boyalar için pH 8 seçilmiştir. Boya konsantrasyonu arttıkça inkübasyon periyodu başında boya giderim oranı düşük olsa bile inkübasyon periyodu uzadıkça giderim oranının %90 civarına ulaştığı bulunmuştur. Boya giderimine sıcaklık etkisi incelendiğinde ise 30 °C ve 35 °C’de boya giderimin daha kısa sürede gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Boya giderimi, Dorakril mavisi, Maksilon kırmızısı, Astrazon kırmızısı, Altın sarısı, Melalı besiyeri, Nutrient Broth besiyeri

SUMMARY

THE INVESTIGATION OF TEXTILE DYES WITH BACTERIUM ISOLATED FROM WASTEWATER

METİN TATLIGÜN, Kübra
Niğde University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor : Assistant Professor Dr. Tuba ARTAN ONAT

June 2015, Page: 52

The dyes used in the textile industry can lead to serious environmental problems, therefore it is important to remedy. Physical, chemical and biological methods can be used on dye removal, biological methods have some advantages like producing less toxic waste and cost off. In this thesis, bacterial cultures isolated from plant waste used for dye removal in two different medium, molasses and nutrient broth. In this work four different dyes (Doracryl blue, Astrazon red, Maksilon red, golden yellow) were taken from Birko Factory Niğde-Turkiye, were decolorized by bacterial culture as a function of initial pH, dye concentration and temperature effect. The pH values determined as pH 7, pH 6, pH 8, pH 6 for doracryl blue, astrazon red, maksilon red, golden yellow sequentially at nutrient broth. In addition to this pH 8 selected for molesses medium for all dyes. The dye concentration effected removal of dyes at the beginning of incubation period, and at the end of incubation period dye removal was increased to 90% for higher concentrations. The 30 °C and 35 °C shortened the dye decolorization time.

Keywords: Dye removal, Decolorization, Doracryl blue, Maxillon red, Astrazon red, Golden yellow, Molasses medium, Nutrient broth media.

ÖN SÖZ

Yapılan yüksek lisans çalışmasında tekstil atık suyundan izole edilen bakteri suşu ile Birko halı fabrikasından temin edilen Dorakril mavisi, Maxillon kırmızısı, Astrazon kırmızısı ve altın sarısı boya larını giderim yetenekleri araştırılmıştır. Sıcaklık ve konsantrasyon değişimlerinin bakteriyel giderim üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda Dorakril mavisi, Maksilon kırmızısı, Astrazon kırmızısı için yüksek giderim oranları tespit edilmesine rağmen Altın sarısı için giderim oranlarının düşük olduğu belirlenmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Tuba ARTAN ONAT' a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Cemil İŞLEK' e teşekkür ederim.

Bu tezi, sadece bu çalışmam boyunca değil, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi koruyuculuğumu üstlenen babam Erdoğan METİN, annem Resmiye METİN ve eşim Turgay TATLIGÜN' ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR	xii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Kirleticiler ve Boyar Maddeler	3
2.2 Giderim Yolları	4
2.2.1 Biyolojik metodlar	5
2.2.1.1 Biyosorpsiyon	5
2.2.1.2 Biyoakümülyasyon	6
2.2.1.3 Biyoremediasyon	6
2.2.1.4 Enzimatik giderim	7
2.3 Mikrobiyal Boya Giderim Yolları	8
2.4 Boyar Madde Giderim Mekanizması	12
2.5 Boyar Madde Giderimini Etkileyen Faktörler	15
2.5.1 Karbon ve azot kaynağı ilavesinin etkisi	16
2.5.2 Sıcaklığın etkisi	16
2.5.3 pH'nın etkisi	17
2.5.4 Boya yapısının etkisi	17
BÖLÜM III MATERYAL VE METOT	19
3.1 Materyal	19
3.1.1 Kullanılan besiyerleri ve bileşenleri	19

3.1.2 Bakteri kaynağı	19
3.1.3 Boya örnekleri	19
3.2 Metot.....	19
3.2.1 Bakteri izolasyonu	19
3.2.2 Boya çözeltileri hazırlanması ve standart grafiklerin oluşturulması	20
3.2.3 Boya giderim deneyleri.....	20
3.2.3.1 pH deneyleri	20
3.2.3.2 Sıcaklık deneyleri.....	20
3.2.3.3 Konsantrasyon deneyleri	20
BÖLÜM IV BULGULAR	21
4.1 İzole Edilen Bakterinin Özellikleri	21
4.2 Boya Çözeltileri Standart Grafikleri ve Eğim Bilgileri	21
4.3 pH Etkisi.	23
4.3.1 NB besiyerinde pH etkisi.....	24
4.3.2 Melaslı besiyerinde ph etkisi	28
4.4 Boya Gideriminde Sıcaklık Etkisi	31
4.4.1 NB besiyerinde boya gideriminde sıcaklığın etkisi	32
4.4.2 Melaslı besiyerinde boya gideriminde sıcaklığın etkisi.....	36
4.5 Konsantrasyon Etkisi	40
4.5.1 Nutrient broth besiyerinde konsantrasyon etkisi	40
4.5.2 Melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi	45
BÖLÜM V TARTIŞMA VE SONUÇ.....	49
KAYNAKLAR	53
ÖZ GEÇMİŞ	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Araştırmalarda kullanılan bakteri türleri ve kullanılan yöntemler	10
Çizelge 2.2. Araştırmalarda kullanılan konsorsiyumlar ve kullanılan yöntemler	10
Çizelge 4.1. DB boyasının NB besiyerinde farklı pH'larda boya giderim oranları.....	24
Çizelge 4.2. MR boyasının NB besiyerinde farklı pH'larda boya giderim oranları	25
Çizelge 4.3. AR boyasının NB besiyerinde farklı pH'larda boya giderim oranları.....	26
Çizelge 4.4. GY boyasının NB besiyerinde farklı pH'larda boya giderim oranları	27
Çizelge 4.5. DB boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları	28
Çizelge 4.6. MR boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları.....	29
Çizelge 4.7. AR boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları	30
Çizelge 4.8. GY boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları	31
Çizelge 4.9. DB boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları	32
Çizelge 4.10. MR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları	33
Çizelge 4.11. AR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları	34
Çizelge 4.12. GY boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları.....	35
Çizelge 4.13. DB boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları ...	36
Çizelge 4.14. MR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları ..	37
Çizelge 4.15. AR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları ...	38
Çizelge 4.16. GY boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları...	39
Çizelge 4.17. DB boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları,.....	41
Çizelge 4.18. MR boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları	42
Çizelge 4.19. AR boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları.....	43
Çizelge 4.20. GY boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları	44
Çizelge 4.21. DB boyasının melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları.....	45
Çizelge 4.22. MR boyasının melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları	46
Çizelge 4.23. AR boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları.....	47
Çizelge 4.24. GY boyasının melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Enzimatik giderim	8
Şekil 2.2. Enzimatik yıkım.	13
Şekil 2.3. <i>Sphingomonas sp.</i> BN6 soyu Aerobik- anaerobik giderim mekanizması.	15
Şekil 4.1. DB eğim grafiği	21
Şekil 4.2. MR eğim grafiği	22
Şekil 4.3. AR eğim grafiği	22
Şekil 4.4. GY eğim grafiği.....	23
Şekil 4.5. DB boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği	24
Şekil 4.6. MR boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği	25
Şekil 4.7. AR boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği	26
Şekil 4.8. GY boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği.....	27
Şekil 4.9. DB boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği	28
Şekil 4.10. MR boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği	29
Şekil 4.11. AR boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği	30
Şekil 4.12. GY boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği.....	31
Şekil 4.13. DB boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	32
Şekil 4.14. MR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	33
Şekil 4.15. AR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	34
Şekil 4.16. GY boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	35
Şekil 4.17. DB boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	36
Şekil 4.18. MR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği.....	37
Şekil 4.19. AR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	38
Şekil 4.20. GY boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği	39
Şekil 4.21. DB boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği.....	40
Şekil 4.22. MR boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği	41
Şekil 4.23. AR boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği.....	42
Şekil 4.24. GY boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği.....	43
Şekil 4.25. DB boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği.....	45
Şekil 4.26. MR boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği	46
Şekil 4.27. AR boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği.....	47

Şekil 4.28. GY boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiğı..... 48

KISALTMALAR

Kısaltmalar

Açıklama

DB	Dorakril Mavisi
MR	Maksilon Kırmızısı
AR	Astrazon Kırmızısı
GY	Altın Sarısı
NB	Nutrient Broth
MB	Melashı besiyeri

BÖLÜM I

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde çevre kirliliği en büyük problemlerden biridir. Çevre kirliliğinin en büyük nedenleri ise sanayi ve atıklarıdır. 19. yy ve sonrasında geliştirilen sentetik boyar maddeler tekstil sanayisinde büyük önem kazanmıştır. Artan nüfus ve sanayileşme ile atık oranları artmış ve ciddi boyutlara gelmiştir. Boyar maddeler başta tekstil olmak üzere kozmetik, gıda, ilaç endüstrisi, deri endüstrisi, matbaa sanayinde kullanılmaktadır. Kullanım alanında çok geniş olan bu sentetik boyar maddeler sanayilerin atık suları ile kanallara, nehirlerle hatta denizlere karışmaktadır (Banat vd., 1996).

Boyaların sucul habitatlar üzerine bıraktığı etkinin gözlenmesiyle boyalar hakkında araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Sulara karışan boyar maddeler önce suda yaşayan canlılara zarar vermekte, boyalar ile güneş ışınlarının suya girmesi engellenmekte, suda bulunan oksijen oranını değiştirmekte ve sudaki ekolojik denge bozulmaktadır. Kimyasal yapıları zor bozulan boyar maddeler toksik bileşikler de içermektedir. Bu yüzden renkli atık sular çevreye verilmeden önce arıtılmalıdır.

Boyalar kimyasal yapılarına göre nitrazo, nitro, azo, etilen, karbonil, karbon-azot, kükürt grupları olmak üzere 7 gruba ayrılmaktadır. Azo boyalar en yaygın kullanılan boyar maddelerden biridir. Yapılarında bir veya daha fazla azo grubu içermektedirler. Bu boyaların giderilebilmesi için bu azo grupların açılması gerekmektedir (Ghodake vd., 2009; Kapustka ve Reporter, 1993).

Atık sularındaki boyar maddelerin giderimi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri geliştirilmektedir. Bu yöntemler arasında ekonomik olması ve doğa dostu olması sebebiyle biyolojik yöntemler üzerindeki araştırmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Biyolojik sistemlerde bitkiler, mantarlar, algler ve bakteriler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda bakteriyel boya gideriminde tek başına anaerobik sistemler kullanıldığında ortaya ikinci ürün olan aromatik aminlerin oluştuğu bildirilmektedir. Oluşan aromatik aminlerin ise kanserojenik ve mutajenik etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Bu yüzden aromatik aminlerin tamamen giderilmesi için aerobik sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Boyar maddeleri gidermede kullanılan aerobik-anaerobik yöntemler ve mikroorganizmalar boya yapısına baēlı olarak seēilmelidir. Yapılan çeşitli çalışmalar bakteriyel giderimin diēer mikroorganizmalara göre daha hızlı gerekleřitēēi bildirilmektedir.

Bu tez çalışmasında fabrika atık sularından izole edilen bakteriyel saf kültür ile Birko halı fabrikasından alınan dört farklı boyanın (Dorakril mavisi, Astrazon kırmızıısı, Maksilon kırmızıısı, Altın sarısı) biyoakümülasyon yolu ile giderimi üzerinde araştırma yapılmıştır. Tez çalışmasında bakteriyel gelişim farkının takip edilmesi ve boya giderim oranlarının belirlenmesi aēısından iki farklı besiyeri (nutrient broth ve melaslı (şeker fabrikası atıēı) besiyeri) kullanılmıştır.

BÖLÜM II

KAYNAK ÖZETLERİ

Sentetik azo boyalar ve metabolitleri toksik, kanserojenik ve mutajenik etkiye sahip olabilmektedirler. Ayrıca tekstil boyaları ve atıklarının, yaban hayatı için yaşam alanı sağlamak, toprağı erezyondan korumak ve toprak verimliliğı için organik madde sağlamak gibi fonksiyonları olan bitkilerin çimlenme oranı ve biyokütleleri üzerinde toksik etkilerini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle azo boya ve metabolitlerini içeren atık suların çevreye boşaltılmadan önce arıtılmaları gereklidir (Ghodake vd., 2009; Kapustka ve Reporter, 1993).

2.1 Kirleticiler ve Boyar Maddeler

Sentetik boyar maddeler ter, ışık, su, kimyasal ajanlar ve solmaya karşı dirençli olarak üretilmiştir. 1856 yılında William Henry Perkin tarafından tesadüf eseri keşfedilmiştir (Rai vd., 2005). On binden fazla sentetik boyar madde geliştirilmiş ve dünya tekstil sektöründe sentetik boyaların kullanımı büyük oranda artmıştır. Bu nedenle boyar maddeler ile kontamine atık suların oluşturduğu çevre kirliliğinde de önemli bir artış gerçekleşmiştir (Pandey vd., 2007; Robinson vd., 2001). Boyama işlemlerinde yüksek miktarda su kullanılması nedeniyle tekstil endüstrisi en büyük su kirliliğı sebeplerinden birini oluşturmaktadır ve atık suyun pH derecesi, çözünmüş oksijen, organik ve inorganik madde içeriğı değişkenlik göstermektedir (Banat vd., 1996).

Kullanılan sentetik boyar maddelerin yapılarına bağılı olarak çıkan atık suyun özelliğı de farklı olmaktadır. Sulara karışan bu boyar maddelerin giderimi oldukça zordur. Tekstil atık suları yüksek konsantrasyonda boyar madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) içermektedir (Kestioğlu ve Yalılı, 2006). Sentetik boyalar tekstil, boya, gıda, kağıt, kozmetik ve baskı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu boyalar renklerinin solmaması ve kalıcı olması için özel kimyasal gruplar içermektedirler. Boyalar kimyasal yapılarına göre nitrazo, nitro, azo, etilen, karbonil, karbon-azot, kükürt grupları olmak üzere 7 gruba ayrılırlar. Bir veya birden çok grup içerebilirler ve bu bağlar ışığı absorplayarak boyanın parlak renkli görünümünü sağlamaktadırlar (Vandevivere vd., 1998).

Dünya çapında her yıl 280.000 ton boyar maddenin atık sularla atıldığı tahmin edilmektedir (Jin vd., 2007). Azo boyalar çevreye atılan sentetik boyar maddelerin en geniş grubudur ve boyar maddelerin % 70'ini oluşturmaktadır (Chang vd., 2001; Saratale vd., 2009a; Zhao ve Hardin, 2007). Azo boyalar bir ya da daha fazla azo grup ile (-N=N-) karakterize edilir ve görünür ışığı spektrumda absorbe edebilirler. Azo gruplar benzen veya naftalen ile yer değiştirebilir, bu nedenle farklı gruplarla çeşitli bileşikler olarak sentezlenebilirler örneğin klor (-Cl), metil (CH₃), nitro (-NO₂), amino (NH₂), hidroksil (-OH) ve karboksil (-COOH) bu boyalara çeşitlilik sağlamaktadır (Zollinger, 1991). Ancak boya yapısına eklenen her azo grup ve bu grupların kimyasal yapısı renk şiddetini arttırmaktadır. Bu grupların bazıları kansorejen ve toksik özelliktedirler (Kuruloğlu., 2006). Doğal boyalarla karşılaştırıldığında kolay üretilmeleri, çeşitlilikleri ve düşük maliyetli olmaları yoğun olarak tekstil, kağıt, gıda, deri, kozmetik ve ilaç sanayisinde kullanımlarını arttırmaktadır (Change vd., 2004, Telke vd., 2008). Sentetik boyar maddelere alternatif olarak, doğal boya üretebilmek için bitkisel veya hayvansal (bazı böceklerden) boyar maddeler üretilebilir. Ancak bitkisel boyar madde için çok büyük ekim alanlarına, hayvansal boyar madde üretmek için çok fazla böcek kullanımına ihtiyaç vardır (Kuruloğlu.,2006).

Su ekosisteminde sentetik boya bulunan atık sular, estetik açıdan rahatsız edici olmasının yanında, güneş ışınlarının suyun derinliklerine nüfuzunu zorlaştırarak fotosentezi azaltmakta ve aynı zamanda çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve su kalitesini düşürerek su faunası üzerinde toksik etkiye ve bu nedenle dünya çapında ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır (Vandevivere vd., 1998). Buna ek olarak, azo boyalar toplam organik karbon (TOK), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) açısından sucul habitatlar üzerinde olumsuz etkiye sahiptirler (Saratale vd., 2009b).

2.2 Giderim Yolları

Boya gideriminde birçok fizikokimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Ancak; fiziksel/kimyasal yöntemlerin, önemli miktarda çamur üretmesi, azo boyaların ve organik metabolitlerin gideriminde yetersiz kalması, ekonomik açıdan yüksek maliyetli olması, daha fazla enerji ve kimyasal madde gerektirmesi, ikincil kirliliğe neden olması ve karmaşık prosedürleri olması gibi dezavantajları vardır (Forgacs vd., 2004; Zhang vd., 2004).

2.2.1 Biyolojik metodlar

Çevre kirliliğini temizlemek amacıyla kullanılan yöntemler arasında biyoremediasyon ve mikrobiyal teknikler önemli bir yer tutmaktadır. Genel olarak kullanılan yöntemler; biyosorpsiyon, enzimatik giderim veya her iki yolun kombinasyonu, biyoakümülyasyon ve biyoremediasyon uygulamalarıdır. Mikrobiyal sistem ile inatçı bileşiklerin giderimi mikroorganizmaların sahip oldukları enzim aktivitesine dayanmaktadır (Saratale vd., 2007). Literatürde yer alan çeşitli araştırmalarda lakkaz, lignin peroksidaz, NADH-DCIP redüktaz, tirozinaz, hegzanoksidaz ve aminopirin N-demetilaz ile ilişkili enzimatik mekanizmalar ile kompleks organik maddelerin bozunduğu gösterilmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda biyoteknolojik birçok yaklaşım esas olarak bakteri kullanımı ve genellikle fiziksel süreçler ile kombinasyonunun boyar madde arıtımında etkili bir yöntem olduğu göstermiştir (Chen vd., 2002; Han vd., 2011; Khehra vd., 2005).

2.2.1.1 Biyosorpsiyon

Biyosorpsiyon, kimyasal maddelerin mikrobiyal kütle tarafından tutulması veya mikrobiyal kütlede birikimi olarak tanımlanmaktadır (Robinson vd., 2001). Biyosorbentler yenilenebilir sorbentlerdir. Bunlar bakteri, mantar, bitki ve hayvan kökenli materyallerdir (Chojnacka., 2010). Bir mikroorganizmanın biyosorpsiyon kapasitesi; farklı fonksiyonel grup içeren amino, karboksil, hidroksil, fosfat, ve diğer yüklü gruplar içeren heteropolisakkarit ve lipid yapıdaki hücre duvarı ile boya arasındaki güçlü çekim gücüne bağlıdır (Solis vd., 2012).

Biyosorbent olarak ölü hücrelerin kullanımı canlı hücrelere göre avantajlıdır. Çünkü ölü hücreler besin maddesi gerektirmezler, depolanabilirler ve uzun süre kullanılabilirler. Ayrıca, organik çözücüler ve sürfaktanlarla rejenere edilebilirler (Solis vd., 2012). Biyosorpsiyon etkinliği; pH, sıcaklık, sorbent konsantrasyonu ve mikroorganizma türüne göre değişiklik gösterebilir (Chojnacka, 2010).

Ratnamala vd., (2013) biyosorbent olarak *Pseudomonas putida* kullanarak Remazol navy blue boyasının giderimini incelemişlerdir. Boya konsantrasyonu artırıldığında biyosorbentin boya alımı % 97'den % 95'e düşmüştür. 20 °C ile 40 °C arasında sıcaklık deneyleri yapılmıştır. Sıcaklık artışıyla da boya alımının düştüğünü gözlemlemişlerdir.

2.2.1.2 Biyoakümülyasyon

Biyoakümülyasyon, kimyasal maddelerin canlı tarafından beslenme yoluyla, solunum ya da vücut yüzeyi ile alınımı ve canlıda birikimidir. Sucul ortamdan bir kimyasalın alınımı pasif difüzyon, aktif taşıyım ve adsorpsiyon ile mümkündür. Difüzyonla kimyasal alımı, canlının yapısına yarı geçirgen membranlardan, mukoz membranlardan ya da sindirim yoluyla geçer. Aktif taşıyımında ise makromoleküler taşıyıcılara gereksinim duyulur. İz elementler çoğunlukla canlı yapısına bu yolla geçer (Yabanlı, 2010). Herhangi bir biyoakümülyasyon prosesinde; pH, besiyeri bileşenleri, başlangıç boya konsantrasyonu, boyanın yapısı gibi kültür koşullarına bağılı olarak mikroorganizma gelişimi ve sonrasında biyoakümülyasyonu değışiklik gösterebilir (Gönen ve Aksu, 2009).

Gönen vd., (2009) melas içeren besiyerinde *Candida utilis*'i 25 °C de geliştirmişlerdir. Bu çalışmada melas ve başlangıç boya konsantrasyonunun tekli ve ikili etkileri araştırılmıştır. Melas sabit bırakılıp boya konsantrasyonu artırıldığında mayanın gelişimi düşmüştür. Sabit boya konsantrasyonunda artan melas oranı boya akümülyasyonunu artırmıştır. Bu da melas boyanın inhibe edici özelliğini kaldırdığını ve mayanın gelişimini teşvik ettiğini göstermişlerdir.

Hassan vd., (2013) yaptıkları çalışmada Novacron ailesinden, Orange W3R, Red FNR, yellow FN2R, Blue FNR ve Navy WB boyalarını ve *Micrococcus luteus*, *Listeria denitrificans* ve *Nocardia atlantica* bakterilerini kullanmışlardır. çalkalamalı etüvde 20 saat 200 rpm ve 30 °C 'de inkübe etmişler ve 3, 5 ve 7. günlerde örnek almışlardır. Novacron blue FNR boyası bütün izolatlarda % 80 üzerinde giderim gerçekleştiğini göstermişlerdir. *Micrococcus luteus*' un en yüksek giderim yeteneğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Orange W3R' nin 3 gün içinde % 70 giderildiğini rapor etmişlerdir.

2.2.1.3 Biyoremediasyon

Biyoremediasyon, canlı mikroorganizmalar kullanılarak zararlı maddeleri daha az toksik bileşiklere dönüştüren bir yöntemdir. Biyoremediasyon doğal bir süreç olmasına rağmen bazı biyodegrede olabilen maddeler doğada parçalanmadan kalmaktadır (Ceyhan vd., 2012). Klorlanmış organik bileşikler yada aromatik hidrokarbonlar gibi bazı kirletici maddeler biyoremediasyon için dirençli olabilir (Kumar vd., 2011).

Soundararajan vd., (2012) dört farklı bakteri ve bu bakterilerle oluşturdıkları konsorsiyumları kullanmışlardır. Bu bakteriler *Pseudomonas sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Micrococcus sp.* ve *Bacillus sp.* olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışmada hareketli ve hareketsiz konsorsiyumlar ve biyoremediasyon kapasiteleri araştırılmıştır. Bakteri suşlarının oluşturduğu hareketsiz konsorsiyumların ürettikleri enzimlerle GC-MS analizleri sonucunda boya yapısındaki kromofor bölgeleri indirgedikleri ve oluşan toksik bileşikler giderdikleri belirtilmiştir.

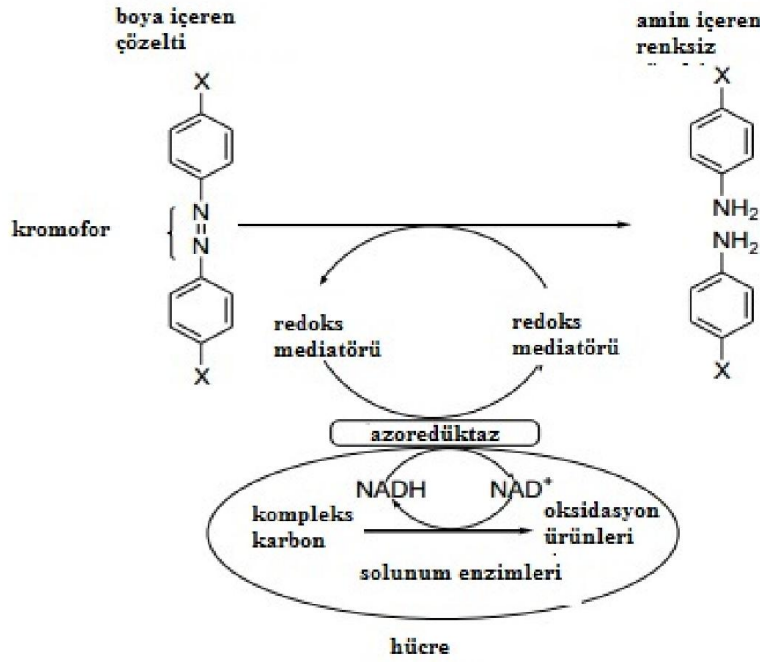
2.2.1.4 Enzimatik giderim

Azo boyalar tamamlanmamış elektronlu ksenobiyotik bileşiklerdir. Böylece (-N=N) azot bağlanmaları ve bazı durumlarda sülfonik (SO₃⁻) olmaları ya da elektron indirgeyici gibi grupların olması mikroorganizma ile gideriminde boyanın daha az duyarlı olmasını sağlar (Koçak, 2011).

Azo boyar maddelerini indirgeme yeteneğine sahip bakteri kültürlerinin izolasyon çalışmalarına 1970 yıllarında *Bacillus subtilis*'in kullanımı ile başlanmıştır (Saratale vd., 2010). Boyar maddelerin biyolojik parçalanmasının ilk basamağı azoredüktaz enzimi ile azo bağlarının kırılmasıdır.

Azo boyar maddeler, aerobik ortamda mikrobiyal parçalanmaya karşı oldukça dirençlidir. Bunun nedeni, boyar maddelerin solmaya karşı dirençli olarak sentezlenmeleri ve boyar maddelerin molekül ağırlıklarının yüksek olmasıdır. Molekül ağırlıkları yüksek olan bu maddeler hücre zarından geçememektedirler (Kocaer ve Alkan, 2002).

Mikrobiyal giderimin anaerobik mekanizması; hücre dışındaki boya ve hücre içindeki redüktaz arasında azo boyalara karşılık gelen aminlerin bir redoks mediatörü ile azo bağlarının anaerobik azoredüktaz ve elektron transferi ile bağın bozulmasıyla başlatılır (Şekil 2.1.). Farklı elektron eksikliği olan bileşiklerde ayrıca kullanılabilir. FADH, NADPH ve NADH azoredüktaz benzerleridir ve reaksiyonu katalize ederler. Mevcut kanıtlar azoredüktaz aktivitesinin farklı gen tiplerine, mikroorganizma ve kültür koşullarına bağlı olarak birden fazla azoredüktaz ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Solis vd., 2012).



Şekil 2.1. Enzimatik giderim (Pandey vd, 2007)

Sharma vd., (2009) yaptıkları bir çalışmada *Phanerochaete chrysosporium* türünün enzim aktivitesine dayalı olarak boya giderim yeteneği araştırmışlardır. Yapılan çalışmada optimum pH 5, optimum sıcaklık ise 30 °C olarak belirlenmiştir. Mn peroksidaz aktivitesi sonuçları 1.gün 43, 3.gün 137, 5. gün 249 U/l olarak hesaplanmıştır ve en yüksek MnP aktivitesine 7 gün sonunda ulaşıldığı belirtilmiştir. MnP ve LiP aktivitesi ile aromatik bileşiklerin mineralize edildiğini bu sayede boyanın giderildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada Orange II boyasının gideriminin sıcaklık ve pH değişimine bağlı olduğu, artan asit konsantrasyonunda giderimin azaldığı belirlenmiştir. Artan asit konsantrasyonunun enzim aktivitesini azalttığı rapor edilmiştir. En yüksek giderim oranı % 86,34 olarak belirlenmiştir.

2.3 Mikrobiyal Boya Giderim Yolları

Son zamanlarda renk giderimi konusundaki çalışmalar artmıştır ve anoksik koşullarda azo boyaların gideriminde potansiyel sonuçlar alınmıştır. Saf bir kültür sisteminin kullanılması tekrarlanabilir veri sağlar ve deneysel gözlemlerin yorumlanmasını kolaylaştırır. Azo boyaların gideriminde saf bakteri kültürü kullanılarak, çeşitli fiziksel ve kimyasal parametreleri ve enzimatik mekanizmanın etkileri Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir (Solis vd., 2012).

Bakteriyel renk giderimi verimli ve hızlıdır. Ancak, saf bakteri kültürleri genellikle azo boyaları tamamen indirgeyemez ve kanserojen aromatik amin ara ürünler verir (Joshi vd., 2008). Karışık kültürler renk giderimi ve mineralizasyonda daha avantajlıdır. Mikrobiyal konsorsiyumda, saf suşlar boya moleküllerine farklı pozisyonlarda saldırılabilir ya da birlikte olan suşlar üretilen metabolitleri kullanabilir. Boya içeren atık sudan tek bir bakteri suşu izole etmek zaman alıcı ve zordur. Uzun süreli uyum prosedürleri azo boyalarının etkili giderimi ve bozulması için gereklidir (Solis vd., 2012). Çizelge 2.2.' de bazı konsorsiyumlar listelenmiştir.

Çizelge 2.1. Araştırmalarda kullanılan bakteri türleri ve kullanılan yöntemler

Kullanılan Bakteri	Kullanılan Yöntem
<i>Listeria sp.</i>	Aerobik degradasyon
<i>Micrococcus sp.</i>	Aerobik degradasyon
<i>Bacillus sp.</i> , <i>Bacillus cereus</i>	Aerobik degradasyon
<i>Pseudomonas sp.</i>	Aerobik degradasyon
<i>Staphylococcus arlettae</i>	Aerobik degradasyon
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Degradasyon
<i>Staphylococcus aureus</i>	Degradasyon
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Degradasyon
<i>Shingobacterium sp.</i>	Degradasyon
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Degradasyon
<i>Proteus vulgaris</i>	Degradasyon
<i>Micrococcus glutamicus</i>	Degradasyon
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Anaerobik degradasyon
<i>Klebsiella oxytoca</i>	Anaerobik degradasyon
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Anaerobik degradasyon

Çizelge 2.2. Araştırmalarda kullanılan konsorsiyumlar ve kullanılan yöntemler

Kullanılan konsortium	Kullanılan yöntem
<i>Pseudomonas</i> , <i>Arthrobacter</i> , <i>Rhizobium</i>	Aerobik degradasyon
<i>Bacillus vallismortis</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus megaterium</i>	Aerobik degradasyon
<i>Termophilic suşlar</i>	Aerobik degradasyon
<i>Penicillium sp</i> , <i>Exiguobacterium sp.</i>	Anaerobik degradasyon
<i>Proteus vulgaris</i> , <i>Micrococcus glutamicus</i>	Degradasyon
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> , <i>Proteus mirabilis</i>	Degradasyon
<i>Citrobacter freundii</i> , <i>Enterococcus casseliflavus</i> , <i>Enterobacter cloacae</i>	Microaerophilic
<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Aspergillus achraceus</i>	Adsorpsiyon, aerobik degradasyon

Tony vd., (2009) yaptıkları çalışmada Congo Red, Bordeaux, Ranocid Fast Blue, Blue BCC, Remazol Golden Yellow RNL ve Lavender Red boyalarının aerobik bakteri konsorsiyumu ile renk giderimlerini araştırmışlardır. SKB-I ve SKB-II olarak isimlendirilen konsorsiyumlar 37 °C de boya karışımli ortamda inkübe edilmiştir. Artan boya konsantrasyonlarında giderim oranı düşmüştür. Çalışmada ortama nişasta ilavesi yapılmıştır ve bu ortamda en yüksek giderim Congo Red boyasında % 94,8 oranında gerçekleşmiştir.

Shah., (2014) yapılan deneylerde *Planococcus sp.* ile optimum koşullarda en yüksek % 88,31 oranında giderim gerçekleştirmiştir. *Bacillus sp.* ile yapılan deneylerde ise % 84,51 oranında giderim gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Bu iki bakteri ile oluşturulan konsortiumda 8 günün sonunda % 80,21 oranında giderim gerçekleştirdikleri kaydedilmiştir. Ayrıca farklı karbon kaynakları da araştırılmış ve *Planococcus sp.* için ortama pepton eklenmiş ve en yüksek giderimini gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir. *Bacillus sp.* için ortama yeast ekstraktı eklenmiş ve giderim oranını % 25,23 artırdığını belirtmişlerdir.

Çetin vd., (2005) çalışmalarında melas besiyerinde anaerobik karışık kültür ile tekstil atık suyundaki renk giderimini ve bakterilerin gelişimini araştırmışlardır. Melas yüksek sukroz içeriği ve depolama kolaylığı ile tercih edilmiştir. Kültürler boya içeren çözeltilerde 35 °C'de 48 ile 76 saat inkübe edilmiştir. Optimum pH 8 olarak belirlenmiştir. Kullanılan boyalar, Remazol Blue, Reactive Red RB ve Reactive Black B, konsantrasyonlarına bağlı olarak % 90-100 arasında giderilmiştir.

Azo boyalar ksenobiyotiktir, bu nedenle renk giderimi ve yıkımı için mikrobiyal ve enzimatik yöntemlerin birçok avantajı vardır. Bunlar:

- 1) Çevre dostudur.
- 2) Düşük maliyetlidir.
- 3) Daha az çamur üretir.
- 4) Toksik olmayan ve tamamen mineralize edilebilen son ürün üretir.
- 5) Fiziksel ve kimyasal yöntemlere göre daha az su tüketir (Saratale vd., 2010).

Waghmode vd., (2011) Golden Yellow HER azo boyasının tam mineralizasyon için mikroaerofilik/aerobik konsorsiyum kullanmışlardır. Saf *Galaktomyces geotrichum* ve *Brevibacillus laterosporus* kültürleri 4 °C de geliştirmişlerdir. Optimum pH 9 ve sıcaklık 30 °C olarak belirlenmiştir. Konsorsiyum ile renk gideriminin tek bakteri kültürü ile giderimden daha iyi sonuç verdiği bulunmuştur. *G. geotrichum* % 54 *B. laterosporus* % 91 giderim gerçekleştirmiştir. Konsorsiyum *G.G-B.L* % 100 giderim gerçekleştirmiştir.

Ancak, mikrobiyal ve enzimatik renk giderimi su tüketimini azaltıcı ve kimyasal ayrışma sürecinde çevre dostu olması ve düşük maliyeti ile rekabetçi bir alternatiftir (Rai vd., 2005; Verma ve Madamwar, 2003).

Genel olarak azo boyaların renk giderimi anaerobik, fakültatif anaerobik ve aerobik bakteri gruplarında farklı koşullar altında gerçekleşir. Azo boyaların mikrobiyal bozulma mekanizması anaerobik ortamda azoredüktaz enzimleri ile (-N=N-) azo bağların indirgenmesiyle gerçekleşir, bunun sonucunda renksiz solüsyonda potansiyel olarak tehlikeli aromatik aminler oluşur. Elde edilen bu ara metabolitler (aromatik aminler gibi) daha sonra aerobik veya anaerobik olarak giderilir (Joshi vd., 2008). Bir çok yeni çalışma mikrobiyal biyokatalizörler ile atıksudan boya giderimi üzerine odaklanmıştır (Chang vd., 2004). Azo boyaların renk gideriminde çeşitli bakteri gruplarının rolünü belirlemede kapsamlı çalışmalar yapılmıştır (Saratale vd., 2010).

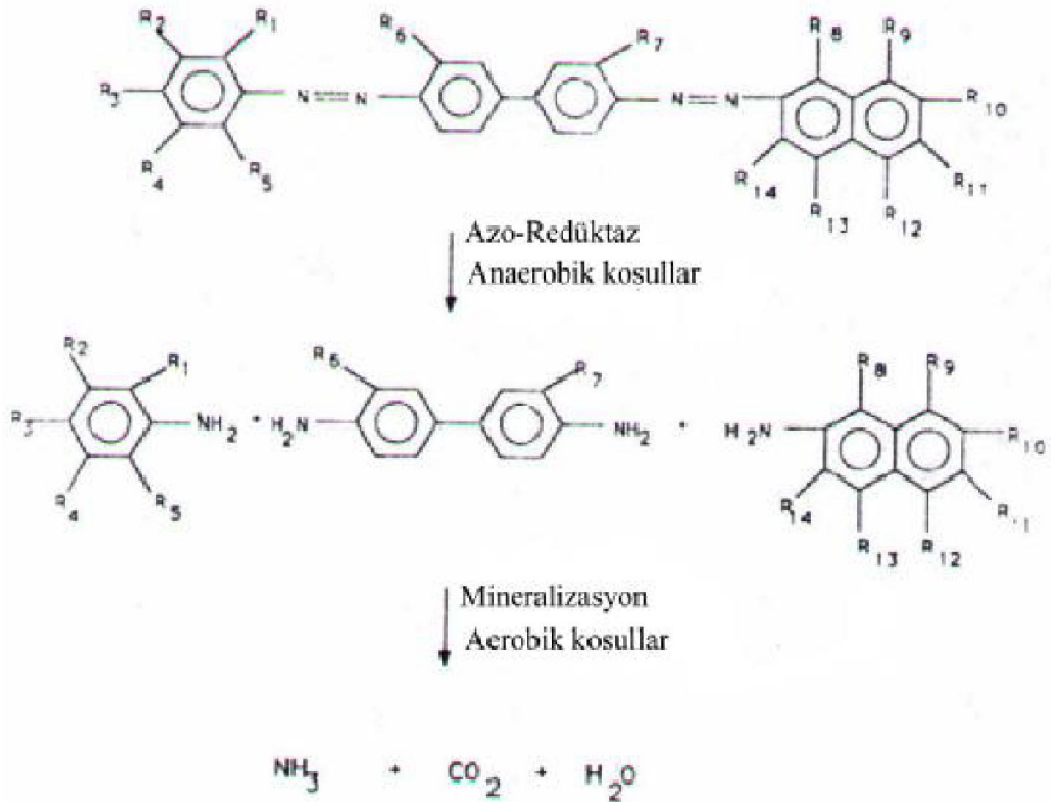
2.4 Boyar Madde Giderim Mekanizması

1911 yılı başlarında Mayer yaptığı bir çalışmada; azo boyar maddelerinin renklerinin tam olarak giderilmesinin anaerobik mikroorganizmaların aktivitesine bağlı olduğunu bildirmiştir. Azo bağının kırılması ve kromofor grupların yıkımı sonucu boyar maddelerin renklerinin giderildiğini bildirmiştir. Dolayısıyla debisi yüksek olan atık suların arıtımında aerobik prosesler kullanılmasına karşın tekstil fabrikası atık sularının arıtımı için anaerobik sistemlerin kullanılmaya başlandığı rapor edilmiştir (Koçak, 2011). Yatome ve arkadaşları, 1978 yılında yaptıkları araştırmada azo bağı indirgenmesinin boyanın hücre membranından geçme hızına bağlı olduğunu rapor etmişlerdir (Carliell vd., 1995).

Azo boyar maddelerinin biyolojik parçalanmasının genellikle anaerobik bakterilerin bulunduğu ortamlarda gerçekleştiği ve bu maddelerin bu koşullar altında mikrobiyal

solunumda son elektron alıcısı olarak görev yapan grupların indirgenerek rengin kaybolduğu saptanmıştır. Azo bağının elektron alıp indirgenme reaksiyonunun azoredüktazlar olarak adlandırılan enzimler grubu tarafından katalizlendiği ve bu enzimlerin, çeşitli organizmalar tarafından üretildiği rapor edilmiştir (Carliell vd., 1996).

Mikrobiyal solunum sırasında bir elektron akışı meydana gelir. Mikroorganizma kosubstrat olarak kullanılan organik maddeyi karbon ve enerji kaynağı olarak kullanır. Kosubstratın oksitlenmesiyle açığa çıkan elektronlar elektronegativitesi yüksek olan koenzimler tarafından yakalanır ve FADH₂ ve NADH gibi indirgenmiş koenzimler oluşur. Bu koenzimler tarafından yakalanan elektronlar, elektron sistemindeki son elektron alıcısı olan boya tarafından tutulur ve boya molekülleri indirgenerek renk giderilir (Koçak, 2011).



Şekil 2.2. Enzimatik yıkım (Koçak, 2011).

Azo boyar maddelerinin biyolojik yıkımı aerobik ve anaerobik koşullarda gerçekleşebilmektedir. Anaerobik koşullarda boya giderimi için, arıtım sisteminde anerobik popülasyonun gelişebilmesi ve renk gideriminin gerçekleşebilmesi için uygun bir karbon kaynağının parçalanması ve parçalanma sonucu meydana gelecek eşdeğer indirgen grubun bulunması gerekmektedir. Uygun karbon kaynağı indirgenerek metan ve karbondioksit'e dönüştürülür ve elektronlar açığa çıkar (Şekil 2.2.). Açığa çıkan elektronlar sistemdeki son elektron alıcısı olan boya molekülleri ile reaksiyona girerek azo bağı indirgenir (Kocaer ve Alkan, 2002).

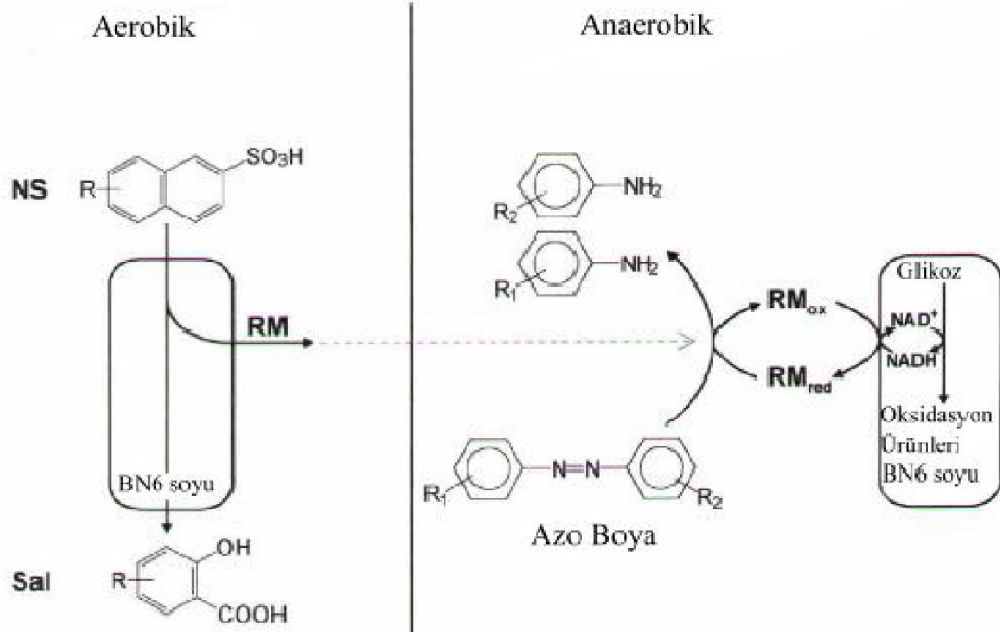
Anerobik koşullarda, azo bağının kopması ve azo bileşiklerinin aromatik aminlere dönüştürülmesi kısmi bir parçalanmayı gerçekleştirdiği, renk gideriminin sağlanmasıyla oluşan yeni organik maddelerin giderilemediği belirtilmiştir. Bununla birlikte aerobik koşullarda, aromatik halka ile hidroksil grubunun bağlanması (hidroksilasyon) ve aromatik halkanın açılması basit aromatik bileşiklerin parçalanabildiğini göstermiştir (Koçak, 2011). Aerobik ortamdaki bakteriler (-N=N-) bağlarını kırarak indirgerler ve aminleri karbon kaynağı olarak ve büyümeleri için gereken enerji kaynağı olarak kullanırlar (Pandey vd, 2007). Böylece anerobik ortamda oluşan toksik ve karsenojenik aromatik aminlerin ileri derecede parçalanmaları için ikinci aşamada aerobik koşulların gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Koçak, 2011). Anaerobik-aerobik sistemlerin birlikte kullanılmasıyla azo boyaların tamamen parçalandığı görülmüş ve son ürünlerin metan ve amonyak olduğu belirtilmiştir (Kuruloğlu, 2006).

Işık vd., (2002) yaptıkları çalışmada, *Escherichia coli* ile aerobik koşullarda giderimini incelemişler ancak verimli bir sonuç alamamışlardır. Anaerobik koşullar altında gerçekleştirdikleri deneyler ile % 72-98 oranında giderim kaydetmişlerdir. Mikroaerofilik koşullar altında yapılan deneylerde ise % 39-75 oranında giderim gerçekleştirdiğini kaydetmişlerdir. *Pseudomonas sp.* ile anaerobik şartlarda % 83-100 giderim, mikroaerofilik şartlarda ise % 74-76 oranında giderim gerçekleştiğini rapor etmişlerdir.

Ayed vd., (2011) yaptıkları çalışmada aerobik Gram (-) *Sphingomonas paucimobilis*'in Methyl Red boyasını giderim yeteneğini araştırmışlardır. Optimum sıcaklık 30 °C ve pH 9 olarak belirlenmiştir. % 92 ve % 98 oranında renk giderimi gerçekleşmiştir. Artan konsantrasyonda renk gideriminin azaldığını belirtmişlerdir.

Azo boyar maddelerin biyolojik parçalanması farklılık gösterir, boyar maddenin molekül ağırlıkları farklı olduğu için bakteri hücresi içine taşınım hızı da farklılık gösterir. Boyar maddenin bakteri hücresi içine taşınımı iki aşamada gerçekleşir:

1. Boyar maddenin hücre duvarını geçerek plazma membranına taşınması; hücre duvarındaki adsorpsiyon - desorpsiyon dengesine göre farklılık gösterebilir.
2. Membrandan taşınım; maddenin molekül yapısı ile ilişkilidir. Boyar madde molekülü ile membran yapısındaki moleküller arasındaki etkileşim kuvvetleri ile gerçekleştirilir (Koçak, 2011).



Şekil 2.3. *Sphingomonas sp.* BN6 soyu Aerobik- anaerobik giderim mekanizması (Koçak, 2011).

2.5 Boyar Madde Giderimini Etkileyen Faktörler

Mikroorganizmalar boyalar gibi kimyasal maddelerin varlığına, yüksek tuz oranına, pH değişimlerine ve yüksek organik bileşik içeriğine karşı duyarlıdırlar. Biyoremediasyon işlemleri için en kullanışlı mikroorganizmalar toprak, atık su, atık su arıtma tesisleri veya aktif çamur dahil olmak üzere tekstil sanayisinin kirli ortamlarından izole edilenlerdir. Çünkü bu mikroorganizmalar ekstrem koşullarda gelişmeye adapte

olmuşlardır. Biyo giderim; boya yapısı, karbon ve nitrojen kaynakları, tuz oranı, pH, sıcaklık, boya konsantrasyonu ve oksijen varlığı veya yokluğuna bağlıdır. Daha verimli, daha hızlı ve pratik uygulama için bu faktörlerin önceden belirlenmesi gerekir (Saratale vd., 2010).

2.5.1 Karbon ve azot kaynağı ilavesinin etkisi

Boyaların herhangi ek bir karbon veya azot kaynağı olmadan giderimi zordur. Bazı çalışmalarda karbon ve azot kaynağı ilavesi ile boyaların giderimi gerçekleştirilmiştir. Karbon kaynaklarının iki önemli görevi vardır: mikroorganizmanın hayatta kalması ve gelişmesi için enerji kaynağı olması ve azo bağının kırılması için gereken elektron verici kaynağı olması. Boyaların giderimi genellikle karbon kaynağı varlığında artmaktadır. Bununla birlikte pepton ve maya özütü gibi bir azot kaynağı varlığında, karbon kaynağı inhibe edici etki gösterebilmektedir. Ayrıca yüksek karbon konsantrasyonunda düşük boya giderimine yol açtığı da bildirilmiştir (Solis vd., 2012).

Patel vd., (2012) yaptıkları çalışmada; atık sudan izole ettikleri bakterilerle Asid Maroon V boyasının giderimini farklı azot ve karbon kaynakları kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada pH 4-10 ve sıcaklık 15-50 arasında değiştirilmiştir. Karbon kaynağı olarak kullanılan glukoz, sukroz, laktoz ile 20 saat sonunda sırasıyla % 92,96, % 94,98, % 38,96 giderim gözlenmiştir. Azot kaynağı olarak kullanılan yeast ekstarktı, pepton, sodyum nitrat ile 20 saat sonunda sırasıyla % 92,16, % 90,93, % 77,61 giderim gözlenmiştir.

2.5.2 Sıcaklığın etkisi

Sıcaklık mikroorganizmaların üremesini ve yaşamlarını sürdürebilmesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Mikroorganizmalar çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda üreyemezler. Ancak her mikroorganizmanın yaşayabildiği sıcaklık farklılık gösterebilir. Sıcaklık arttıkça, hücredeki kimyasal ve enzimatik tepkimeler daha hızlı cereyan eder ve üreme hızlanır. Denatürasyon sıcaklığına ulaşıldığında hücre fonksiyonları hızla sıfıra doğru düşer. Bunun sonucunda mikrobiyal hücrelerin biyokimyasal ve enzimatik yapıları değişerek adaptasyonlarını olumsuz yönde etkilenir (Madigan and Martinko, 2010).

Yüksek sıcaklıklarda yüzey aktivite ve kinetik enerji Emilimi artar ancak biyosorbentin yüksek sıcaklıkta fiziksel hasara uğradığı için biyosorpsiyon kapasitesinin azaldığı bulunmuştur (Vijayaraghavan vd., 2008).

Shah vd., (2014) çalışmalarında remazol black-B boyası ile 3 farklı izolat kullanmış ve bu izolatları ETL-1, ETL-2, ETL-3 olarak isimlendirmişlerdir. İzolatlar pH 5-7 arasında en yüksek giderimi gerçekleştirmişlerdir. Sıcaklık deneylerinde ETL-1 ve ETL-2 25 °C ve 35 °C arasında en iyi giderimi yapmıştır. ETL-3 ise sıcaklık arttıkça giderim oranını düşürmüştür. En iyi giderimi ETL-3 izolatı 25 °C’ de gerçekleştirmiş yaklaşık % 60 oranında giderim yapmıştır.

2.5.3 pH’nın etkisi

Boyar madde gideriminin yapıldığı çözeltinin pH derecesi renk giderimi için önemli bir faktördür. Mikrobiyal renk giderimi için en uygun pH genellikle 6-10 arasındadır. Hücre membranı boyunca boyaların moleküler taşınmasında önemli olduğu düşünülmektedir (Saratale vd., 2010). Biyokütledeki boyanın kimyasını ve fonksiyonel grupların aktivitesini pH etkilemektedir (Saratale vd., 2010).

Renk giderimi güçlü asit ya da yüksek alkalın bir pH değerinde hızlı bir azalma eğilimi gösterir. pH etkisi renk giderimi için hız sınırlandırıcı bir aşama olarak kabul edilir ve hücre membranı boyunca boya moleküllerinin taşınmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Saratale vd., 2010).

Rajesvari vd., (2014) yaptıkları çalışmada; atıksulardan izole ettikleri *Lysinibacillus sphaericus* suşu ile gerçekleştirdikleri deneylerde 3, 5, 7, 9 ve 11 pH aralıklarını kullanmışlardır. Deneylerde pH 3 ve 5 aralığının bakteri gelişiminde inhibitör etki gösterdiğini, pH 7 ve Ph 9’da en iyi büyümenin gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bakteriyel kültürlerin genellikle pH 7 civarındaki aralıkta maksimum renksizleştirme sergilediklerini rapor etmişlerdir.

2.5.4 Boya yapısının etkisi

Çeşitli sentetik boyaların değişik kimyasal yapıları vardır. İzomerler ya da farklı fonksiyonel grupların varlığı biyolojik parçalanabilirliği ve renk giderimini etkiler. Basit bir yapıya ve düşük molekül ağırlığına sahip boyalar, elektron vericisi SO₃H, SO₂, NH₂ gibi para pozisyonda fenil halkalı azo bağları olan ve molekül ağırlığı yüksek olan

boyalardan giderimi daha kolaydır. Ayrıca enzim ürünlerinin de boya yapısı ile etkili olduğu düşünülmektedir. Azo bileşiklerindeki hidroksil veya amino grupları, metil, metoksi, sülfö veya nitro gruplarından daha kolay indirgenebilmektedirler. (Saratale vd., 2010).

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Kullanılan besiyerleri ve bileşenleri

Nutrient broth besiyeri: Hazır olarak alınmış nutrient broth besiyeri hazırlanmış, steril edilip belirli pH' lara ayarlanmıştır. Belirlenen pH aralığında farklı konsantrasyonda boya giderimi ile farklı sıcaklıklarda boya giderimi incelenmiştir.

Melas besiyeri: 1 lt besiyeri için 80 ml melas ve 1 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve KH_2PO_4 ilave edilmiş geri kalan kısım distile su ile tamamlanmış ve steril edilmiştir (Aksu vd., 2000; Dönmez, 2001). Besiyeri ortamı önce çalışılacak pH için farklı pH' lar ayarlanmıştır. Belirlenen pH aralığında farklı konsantrasyonda boya giderimi ile farklı sıcaklıklarda boya giderimi incelenmiştir.

3.1.2 Bakteri kaynağı

Tekstil fabrikası atık suyundan alınan örneklerden izole edilen bakteri suşu kullanılmıştır.

3.1.3 Boya örnekleri

Çalışmada Birko Halı Niğde-Türkiye fabrikasından alınan Astrazon Kırmızısı (AR), Maksilon Kırmızısı (MR), Altın sarısı (GY), Dorakril mavisi (DB) kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Bakteri izolasyonu

Atıksudan alınan örnekler nutrient broth besiyerinde zenginleştirilmiş ve ardından nutrient agar besiyerine ekilmiştir. Böylece saf koloniler elde edilene kadar saflaştırma işlemleri yapılmıştır. Saf bakteri elde edildikten sonra bakterinin morfolojik özellikleri incelenmiştir.

3.2.2 Boya çözeltileri hazırlanması ve standart grafiklerin oluşturulması

Her bir boyadan 1 gr tartılarak balon jojelere eklenmiş ve 100 ml'ye distile su ile tamamlanarak çözeltiler oluşturulmuştur. Tüplere sırasıyla 50-100-150-200-250 µl hazırlanan çözeltiden eklenerek distile su ile 5 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiler spektrofotometrede okunarak her bir boyanın absorbans gösterdiği en yüksek dalga boyu ve eğimleri belirlenmiştir.

3.2.3 Boya giderim deneyleri

3.2.3.1 pH deneyleri

Optimum pH aralığını bulmak için her besiyeri, pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8 olarak ayrı ayrı hazırlanmıştır. 250 ml'lik erlenlerde 100 ml olacak şekilde hazırlanan bu besiyerlerine 100 ppm son konsantrasyonda, filtre yardımıyla steril edilmiş boya ve 1000 µl bakteri kültürü eklenerek deneyler başlatılmıştır. Besiyerleri 30 °C, 100 rpm' de çalkalamalı etüvde inkübe edilmiştir. İlk 12, 18, 24 saat ve ardından her 24 saatte bir besiyerlerinden örnek alınmıştır. Alınan örnekler 20 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatant ve çöken bakteri ayrı ayrı spektrofotometrede okunmuştur. Her boyanın en iyi giderildiği pH değeri tespit edilmiştir. Bu deneyler 3 paralel halinde uygulanmıştır.

3.2.3.2 Sıcaklık deneyleri

Daha önceki çalışmalarla belirlenen pH aralığında hazırlanan besiyerlerine 100 ppm konsantrasyonunda boyar madde eklenip 1000 µl bakteri aşılantısıdır. Bu besiyerleri 25 °C, 30 °C ve 35 °C' de inkübe edilmiştir. Örnekler ilk 12, 18, 24 saat ve ardından her 24 saatte bir alınmıştır. Alınan örnekler 20 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatant ve çöken bakteri ayrı ayrı spektrofotometrede okunmuştur. Boya giderim oranları araştırılmıştır. Çalışma 3 paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.3 Konsantrasyon deneyleri

Belirlenen pH aralığında hazırlanan besiyerleri sırasıyla 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm konsantrasyonunda boya içerecek şekilde ayarlanmıştır. 1000 µl bakteri eklendikten sonra 30 °C' de inkübe edilmiştir. Örnekler ilk 12, 18, 24 saat ve ardından her 24 saatte bir besiyerlerinden örnek alınmıştır. Alınan örnekler 20 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatant ve çöken bakteri ayrı ayrı spektrofotometrede okunmuştur.

BÖLÜM IV

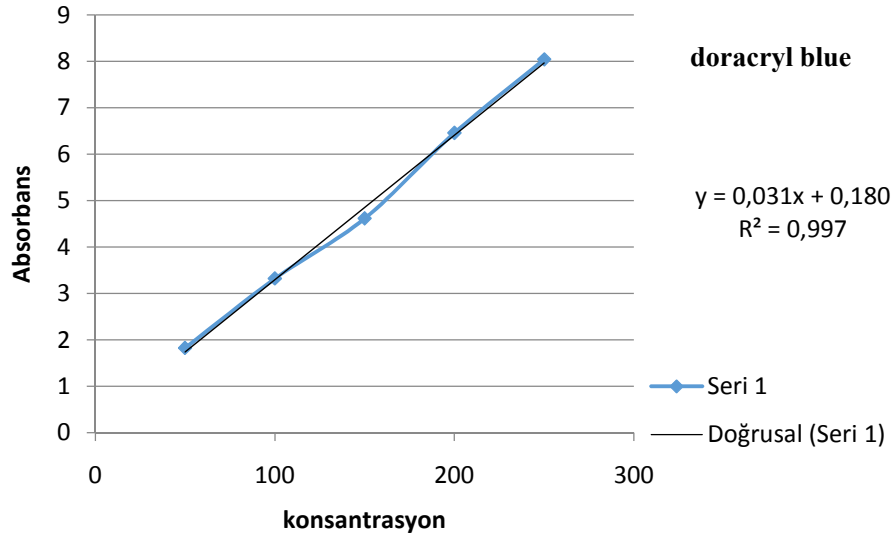
BULGULAR

4.1 İzole Edilen Bakterinin Özellikleri

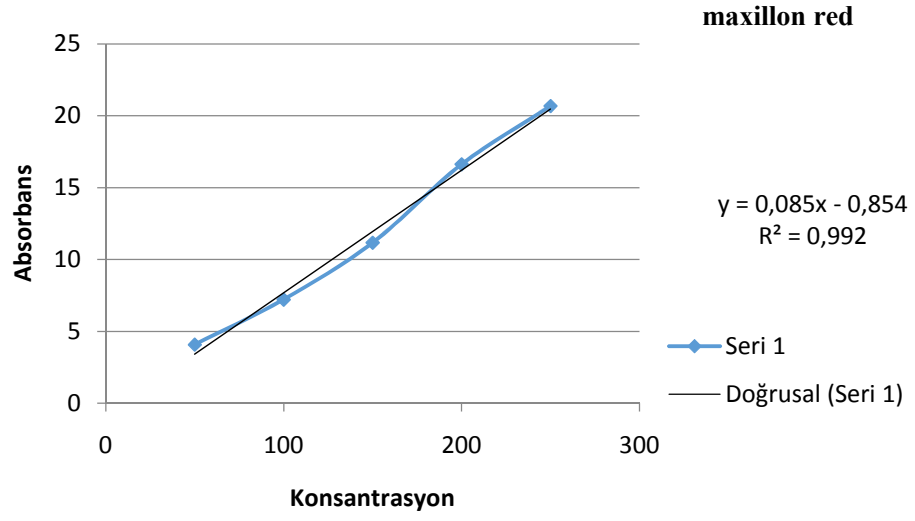
Tekstil atık suyundan izole edilen bakteri gram pozitif (+), yuvarlak, küçük, üstü düzgün ve kabarık, kenarları düz ve homojen koloniler oluşturmaktadır.

4.2 Boya Çözeltileri Standart Grafikleri ve Eğim Bilgileri

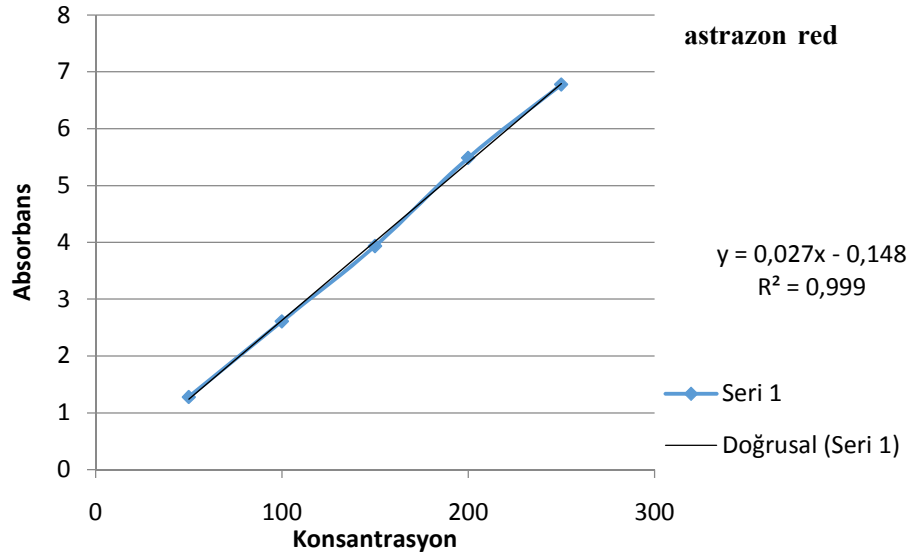
Yapılan tez çalışmasında boyaların en yüksek absorbans verdikleri dalga boyu bulunduğundan sonra bu dalga boylarında konsantrasyon-absorbans standart grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.1., 4.2., 4.3., 4.4.).



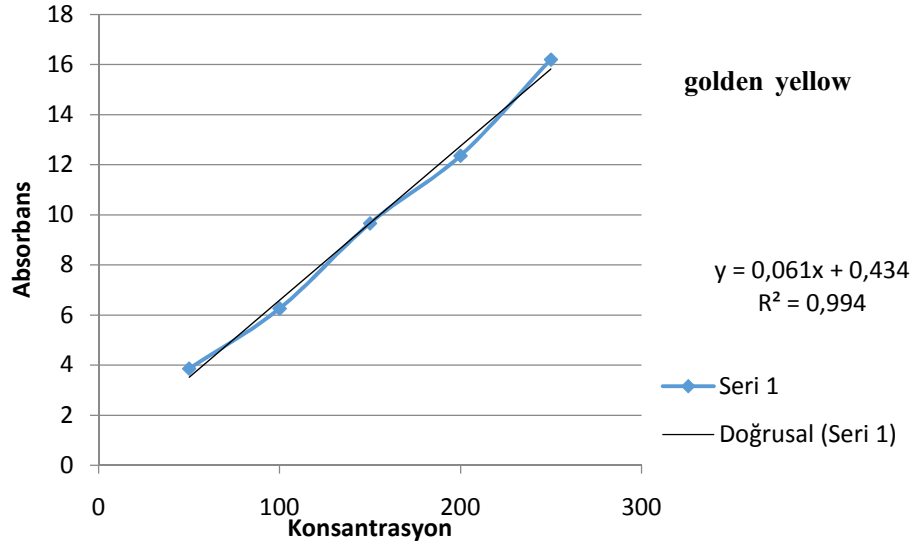
Şekil 4.1. DB eğim grafiği



Şekil 4.2. MR eğim grafiği



Şekil 4.3. AR eğim grafiği



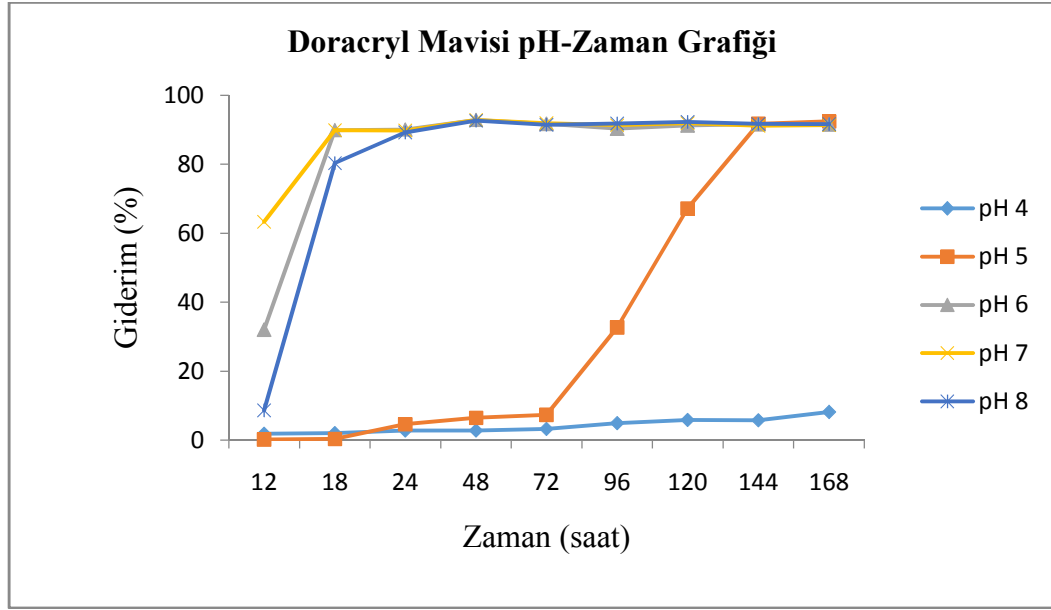
Şekil 4.4. GY eğim grafiği

4.3 pH Etkisi

Yapılan çalışmada tekstil atık suyundan elde ettiğimiz bakteri suşunun boya gideriminde pH etkisi belirlenmiş ve her bir boya için en yüksek boya gideriminin yapıldığı pH değeri tespit edilmiştir.

4.3.1 NB besiyerinde pH etkisi

Yapılan tez çalışmasında yüzde giderim oranları dikkate alınarak en yüksek boya gideriminin sağlandığı pH değerleri sonraki çalışmalar için seçilmiştir. Buna göre nutrient broth besiyerinde DB için pH 7 seçilmiştir. Bu pHda % 92,87 oranında giderim gerçekleştirmiştir. (Şekil 4.5., Çizelge 4.1.)

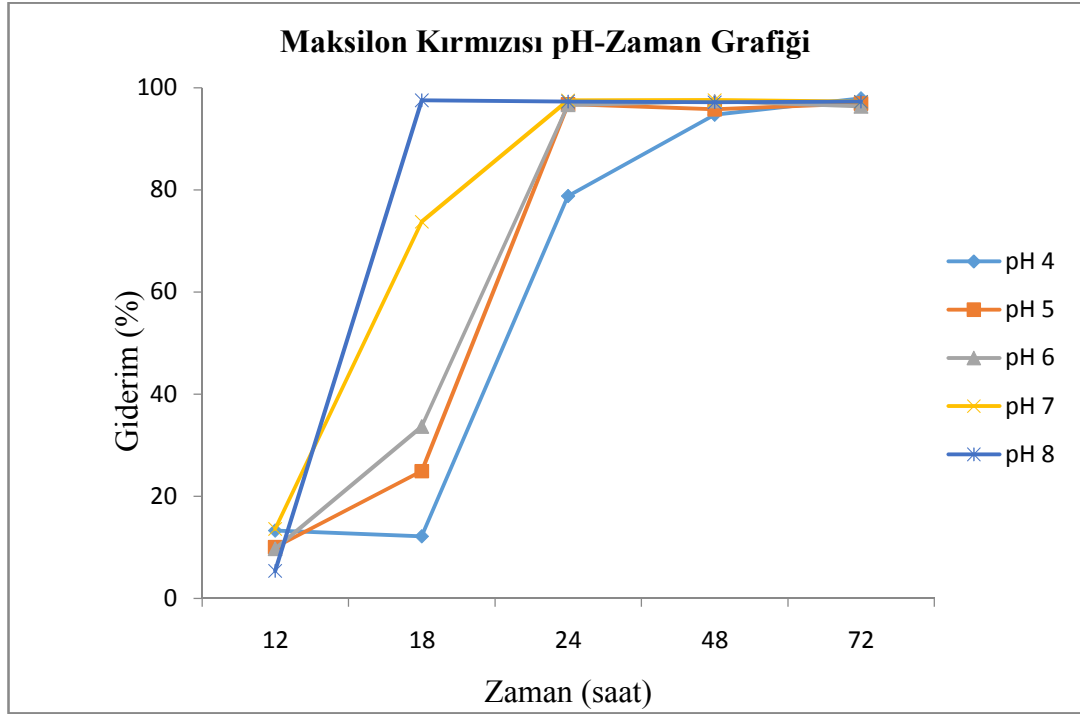


Şekil 4.5. DB boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 4.1. DB boyasının NB besiyerinde farklı pH'larda boya giderim oranları

Giderim oranı (%)					
Zaman (saat)	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	1,83	0,16	32,04	63,29	8,61
18	2,06	0,39	89,93	89,88	80,33
24	2,83	4,68	90,10	89,77	89,21
48	2,83	6,52	92,89	92,87	92,71
72	3,21	7,34	91,73	91,90	91,44
96	4,88	32,66	90,36	91,41	91,82
120	5,88	67,27	91,25	91,92	92,26
144	5,80	91,75	91,61	91,21	91,78
168	8,13	92,52	91,54	91,38	91,67

MR boyasının için en yüksek giderim oranı pH 8’de % 97,29 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle devam eden çalışmalar pH 8’de yapılmıştır. (Şekil 4.6., Çizelge 4.2.)

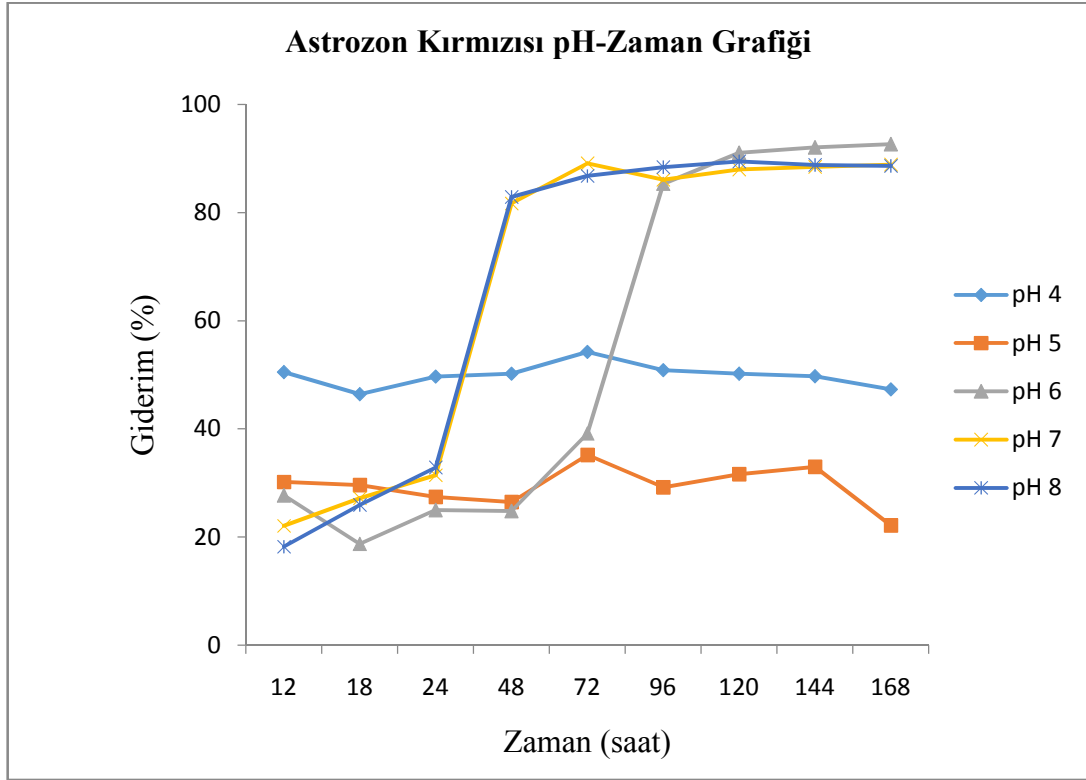


Şekil 4.6. MR boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 3.2. MR boyasının NB besiyerinde farklı pH’larda boya giderim oranları

Giderim oranı (%)					
Zaman(saat)	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	13,28	12,16	78,79	94,69	97,90
18	10,00	24,97	96,80	95,78	96,89
24	9,71	33,63	96,61	97,37	96,32
48	13,57	73,79	97,55	97,61	97,29
72	5,38	97,52	97,25	97,18	97,29

Yapılan çalışmada AR boyası için % 92,06 giderim oranıyla pH 6 seçilmiş ve devam eden çalışmalar bu pH değerinde yapılmıştır. (Şekil 4.7., Çizelge 4.3.)

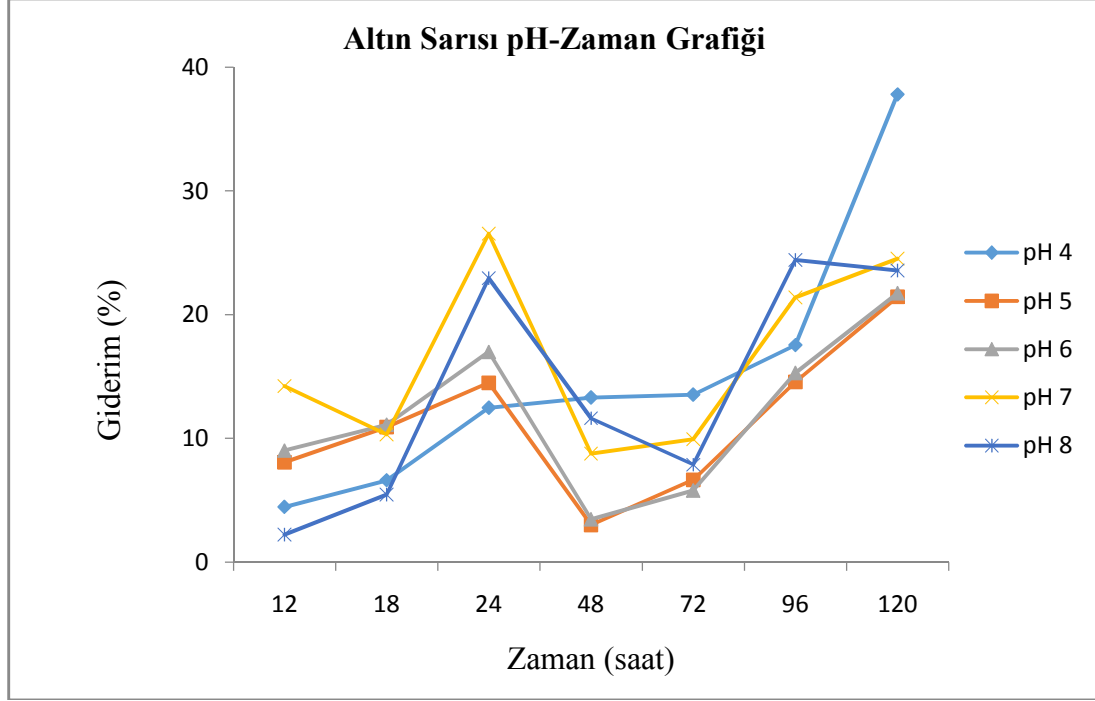


Şekil 4.7. AR boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 4.3. AR boyasının NB besiyerinde farklı pH'larda boya giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	50,49	30,24	27,71	22,13	18,28
18	46,41	29,62	18,75	27,17	25,94
24	49,70	27,41	25,00	31,48	32,86
48	50,24	26,48	24,79	81,74	82,88
72	54,28	35,19	39,17	89,10	86,83
96	50,88	29,21	85,35	86,12	88,40
120	50,19	31,63	91,08	88,00	89,47
144	49,75	32,97	92,06	88,46	88,80
168	47,34	22,15	92,66	88,89	88,63

GY boyası diğer maddelere oranla boya giderime daha dirençlidir. % 24,52 oranında giderim oranı ile pH 7’de en yüksek giderim gözlenmiş ve sonraki çalışmalar için bu pH değeri seçilmiştir. (Şekil 4.8., Çizelge 4.4.)



Şekil 5 GY boyasının NB besiyerinde pH-zaman grafiği

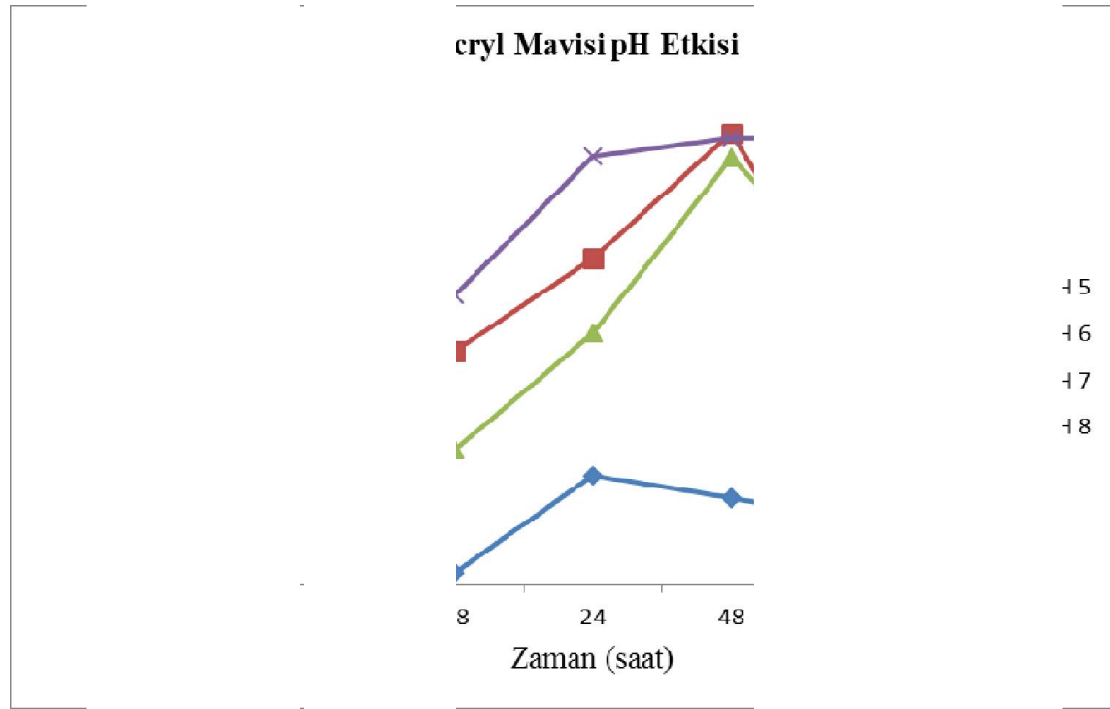
Çizelge 4.4. GY boyasının NB besiyerinde farklı pH’larda boya giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	4,46	8,08	9,02	14,23	2,23
18	6,62	10,93	11,11	10,33	5,47
24	12,48	14,49	16,99	26,55	22,95
48	13,31	3,01	3,46	8,77	11,63
72	13,54	6,65	5,79	9,94	7,89
96	17,55	14,57	15,30	21,40	24,43
120	37,82	21,46	21,74	24,52	23,58

4.3.2 Melaslı besiyerinde pH etkisi

Yapılan çalışmada melaslı besiyerinde bakterinin inkübasyon periyodunda boya giderimi farklı pH'larda (4, 5, 6, 7, 8,) belirlenmiş ve tüm boyalar için pH 8 seçilmiştir.

Şekil 4.9. ve Çizelge 4.5.'de görüldüğü üzere DB boyasının en verimli giderildiği pH 8 olarak tespit edilmiştir. Bu pH'da boya giderimi % 90,51 olarak belirlenmiştir.

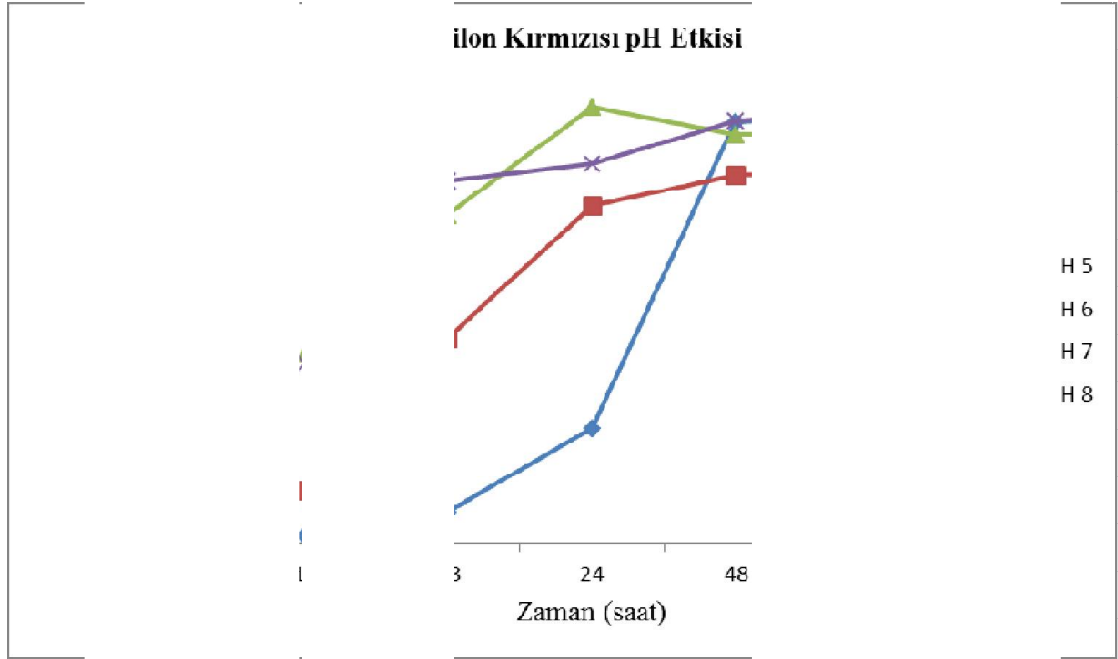


Şekil 4.9. DB boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 4.5. DB boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları

Giderim oranı (%)				
Zaman (saat)	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	2,86	9,18	8,05	19,64
18	2,53	47,22	27,17	58,80
24	22,00	66,18	51,07	86,84
48	17,39	91,62	86,48	90,51
72	12,46	46,05	57,79	90,27

MR boyasının en yüksek giderildiği pH aralığı pH 8 olarak seçilmiştir. pH 8 de en yüksek giderim % 91,59 olarak bulunmuştur. (Şekil 4.10., Çizelge 4.6.)

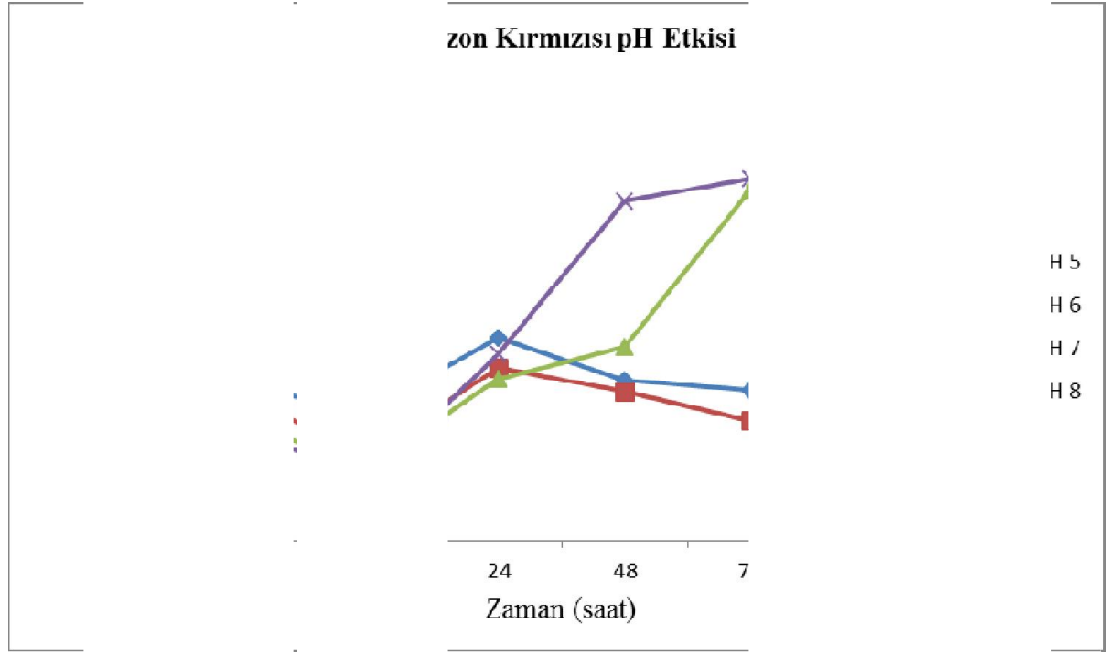


Şekil 4.10. MR boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 4.6. MR boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları

Giderim oranı (%)				
Zaman (saat)	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	1,61	11,15	40,29	38,39
18	6,68	43,62	69,77	76,90
24	24,48	71,60	92,53	80,48
48	89,49	78,03	86,72	89,83
72	91,13	79,14	87,01	91,59

AR boyasının en iyi giderimi pH 8’de gerçekleşmiştir. Bu pH’da % 80,97 olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.11., Çizelge 4.7.)

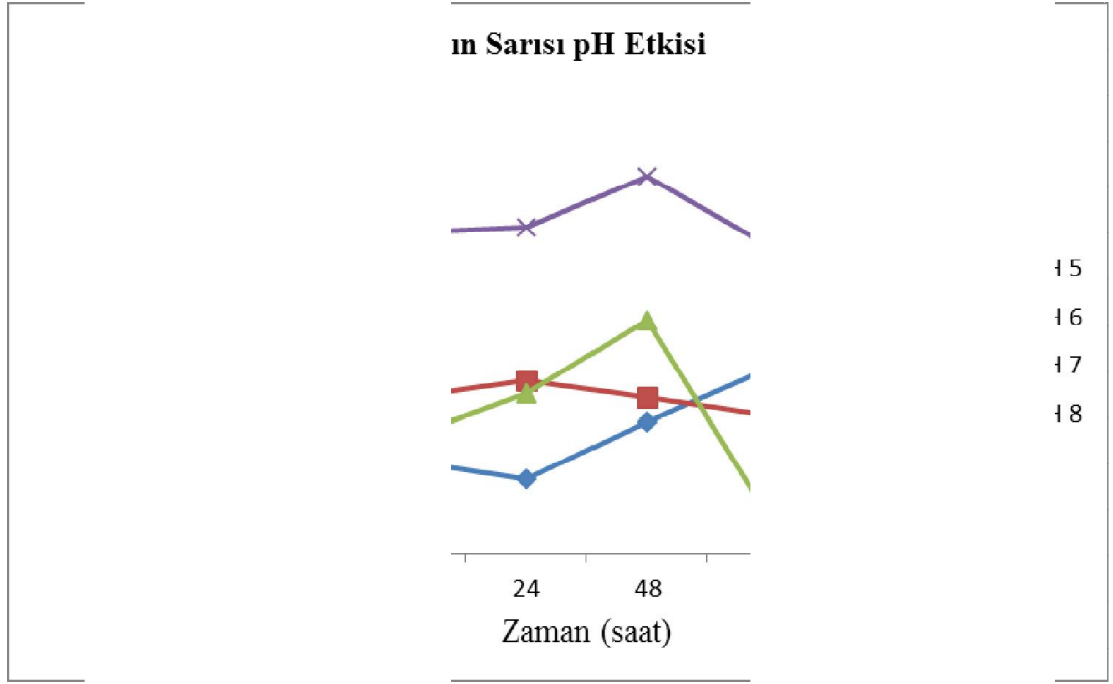


Şekil 4.11. AR boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 4.7. AR boyasının melaslı besiyerinde farklı pH’larda giderim oranları

Giderim oranı (%)				
Zaman (saat)	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	33,58	30,83	25,35	24,06
18	29,52	19,93	17,07	14,25
24	45,28	38,47	36,07	41,59
48	35,77	33,20	43,09	75,48
72	33,39	26,81	78,05	80,62
96	34,14	37,29	80,57	80,97

GY boyasının en yüksek giderildiği pH ise pH 8 olarak seçilmiştir ve bu pH'da en yüksek verim % 24,42 olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.12., Çizelge 4.8.)



Şekil 4.12. GY boyasının melaslı besiyerinde pH-zaman grafiği

Çizelge 4.8. GY boyasının melaslı besiyerinde farklı pH'larda giderim oranları

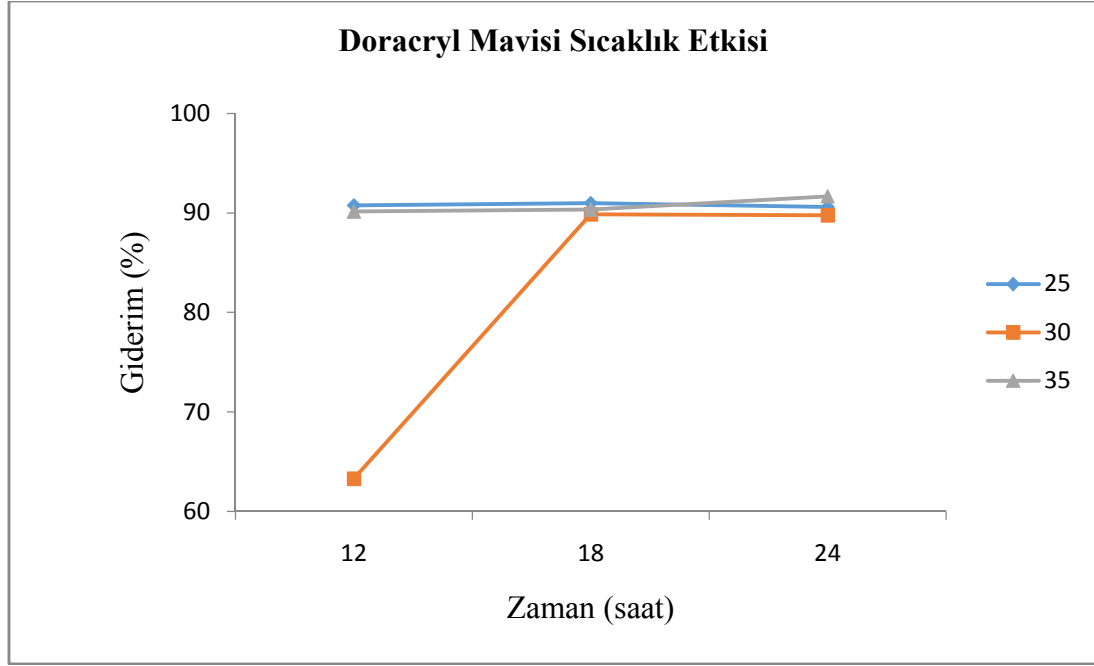
Zaman (saat)	Giderim oranı (%)			
	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
12	4,83	8,48	0,72	21,20
18	6,04	10,10	7,58	20,78
24	4,90	11,23	10,39	21,09
48	8,52	10,17	15,15	24,42
72	11,94	8,97	2,53	19,92
96	11,65	8,90	5,41	18,61

4.4 Boya Gideriminde Sıcaklık Etkisi

Yapılan tez çalışmasında 25 °C, 30 °C ve 35 °C sıcaklıklarda boya giderim oranları her iki besiyeri için de tespit edilmiştir.

4.4.1 NB besiyerinde boya gideriminde sıcaklığın etkisi

DB boyası için 25 °C’de en yüksek giderim % 90,60 oranında gerçekleşmiştir. 30 °C’de için en yüksek giderim % 89,77 ve 35 °C’de ise % 91,68 oranında giderim belirlenmiştir. (Şekil 4.13., Çizelge 4.9.)

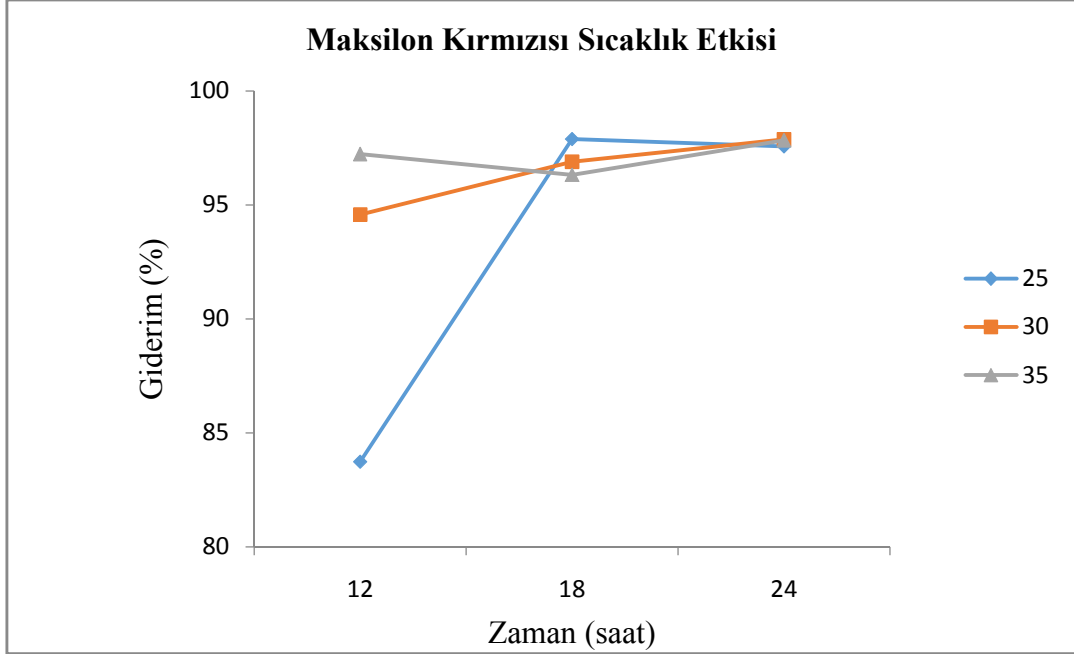


Şekil 4.13. DB boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.9. DB boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Giderim oranı (%)			
Zaman (saat)	25 °C	30 °C	35 °C
12	90,78	63,29	90,15
18	91,00	89,88	90,34
24	90,60	89,77	91,68

MR boyası için 12 saatte 25 °C’de % 97,23 oranında, 30 °C’de % 96,32 oranında ve 35 °C % 97,84 oranında giderim gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Buna göre 35 °C sıcaklığın 12 saatte maksimum boya giderimi sağladığı bulunmuştur. (Şekil 4.14., Çizelge 4.10.)

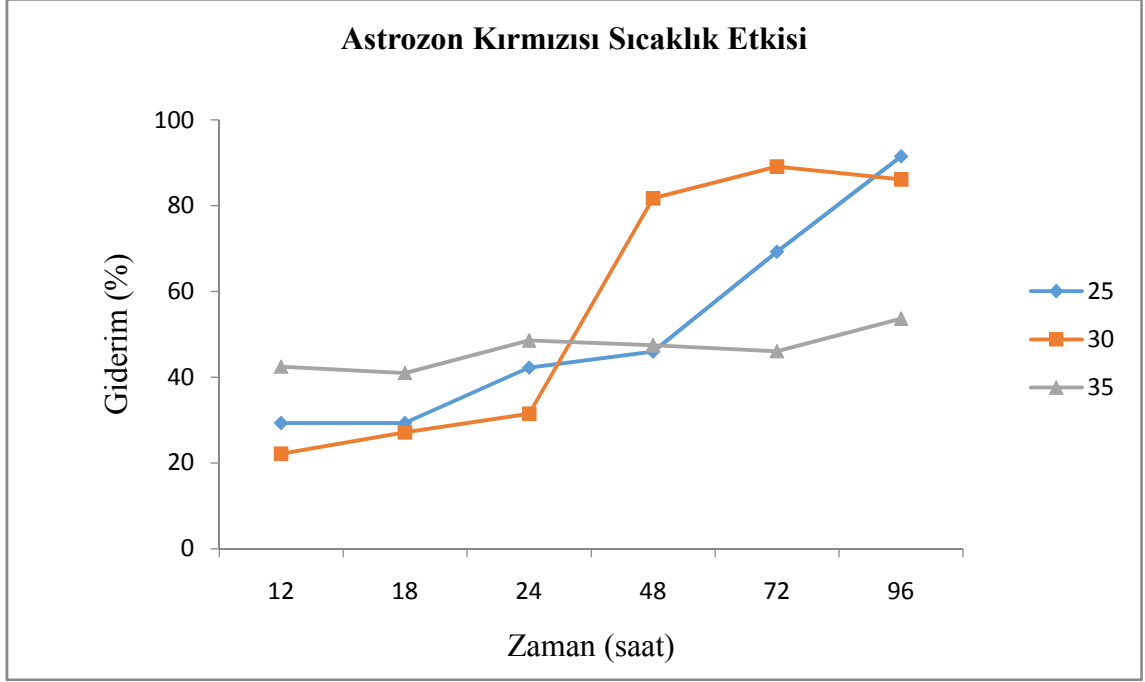


Şekil 4.14. MR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.10. MR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Giderim oranı (%)			
Zaman (saat)	25 °C	30 °C	35 °C
12	83,74	97,90	97,57
18	94,57	96,89	97,88
24	97,23	96,32	97,84

AR için 96 saatte 25 °C’de en yüksek giderim % 91,52 oranında, 30 °C’de % 89,10 oranında ve 35 °C’de ise % 53,62 oranında giderim gerçekleştiği belirlenmiştir. Buna göre AR boyasının inkübasyon periyodu başlangıcından giderim oranı düşük iken inkübasyon periyodu uzadıkça daha yüksek giderime ulaşılabildiği ve daha düşük sıcaklıkta daha yüksek giderim sağladığı görülmektedir (Şekil 4.15., Çizelge 4.11.)

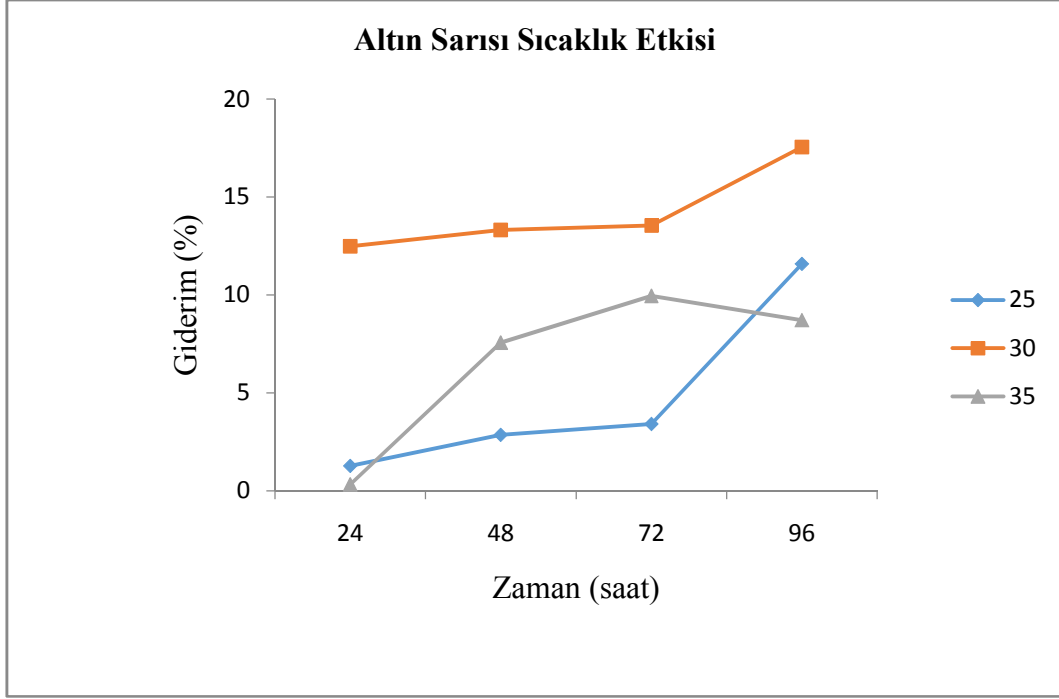


Şekil 4.15. AR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.11. AR boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)		
	25 °C	30 °C	35 °C
12	29,28	22,13	42,47
18	29,28	27,17	40,99
24	42,25	31,48	48,55
48	45,92	81,74	47,43
72	69,25	89,10	46,05
96	91,52	86,12	53,62

GY boyası 96 saatte 25 °C’de % 11,59 oranında, 30 °C’de % 17,55 oranında ve 35 °C’de ise % 9,95 oranında giderim gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Çizelge 4.12. ve Şekil 4.17.’de görüldüğü üzere GY boyasının gideriminde en etkili sonuçlar 30 °C’de alınmıştır. (Şekil 4.16., Çizelge 4.12.)



Şekil 4.16. GY boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

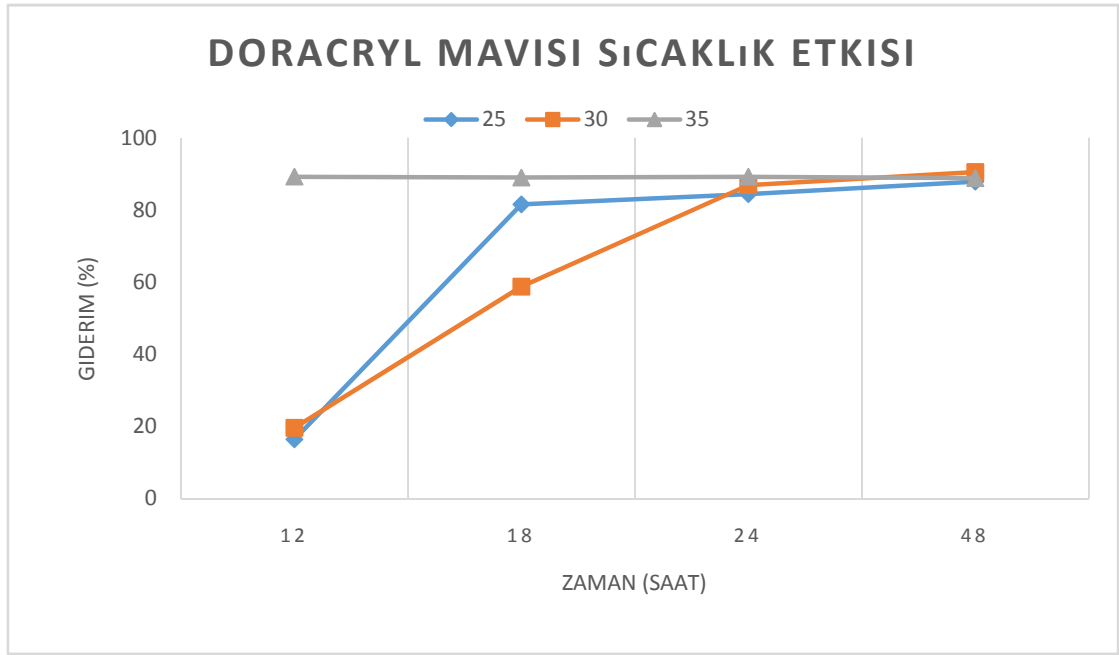
Çizelge 4.12. GY boyası için NB besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)		
	25 °C	30 °C	35 °C
24	1,27	12,48	0,32
48	2,86	13,31	7,56
72	3,41	13,54	9,95
96	11,59	17,55	8,71

4.4.2 Melaslı besiyerinde boya gideriminde sıcaklığın etkisi

Sıcaklık deneylerinde, 25 °C, 30 °C ve 35 °C sıcaklıklar denenmiştir. Bu deneylerde sıcaklığın giderim üzerine etkisi incelenmiştir.

DB boyasının 25 °C deneylerinde boya giderimi % 87,87 oranında, 30 °C’de % 90,51 oranında ve 35 °C’de ise % 89,24 oranında giderim gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Buna göre DB için 35 °C’de sıcaklıkta inkübasyon periyodunun başından itibaren yüksek giderim olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 4.17., Çizelge 4.13.)

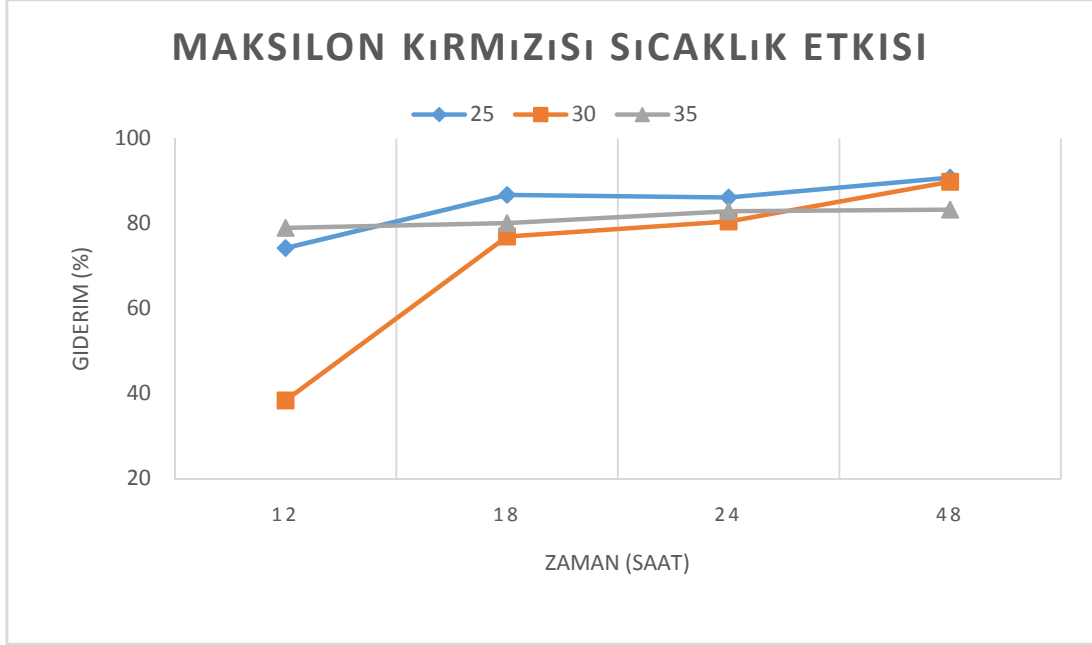


Şekil 4.17. DB boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.13. DB boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)		
	25 °C	30 °C	35 °C
12	16,41	19,64	89,22
18	81,58	58,80	88,98
24	84,39	86,84	89,24
48	87,87	90,51	88,81

MR boyasının 20 °C’de giderimi % 90,78 oranında, 30 °C’de % 89,83 oranında ve 35 °C’de % 83,29 oranında giderim yaptığı tespit edilmiştir. Maksilon kırmızısı için boya gideriminde farklı sıcaklıkların belirgin bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir. (Şekil 4.18., Çizelge 4.14.)

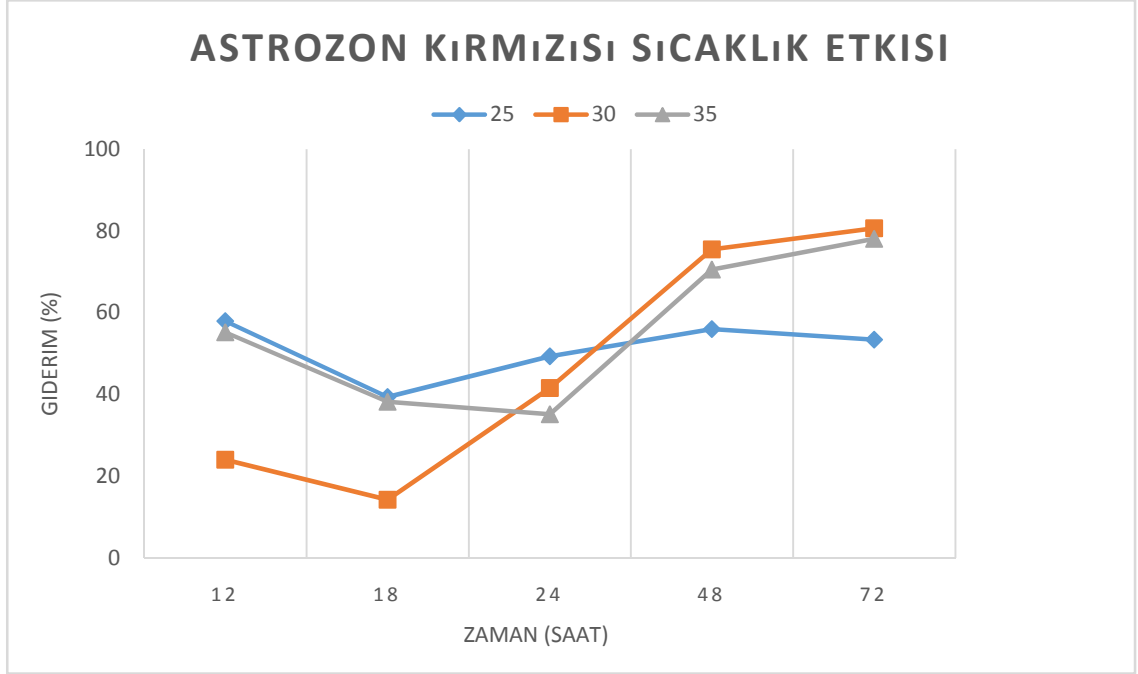


Şekil 4.18. MR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.14. MR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)		
	25 °C	30 °C	35 °C
12	74,22	38,39	78,97
18	86,74	76,90	80,08
24	86,14	80,48	82,91
48	90,78	89,83	83,29

AR boyası 20 °C’de % 56,02 giderim, 30 °C’de % 80,62 ve 35 °C’de ise % 78,08 oranında giderim gerçekleştirmiştir. 30 °C sıcaklıkta 24 saatlik inkübasyon süresinden sonra daha verimli boya giderimi yapıldığı görülmüştür. (Şekil 4.19., Çizelge 4.15.)

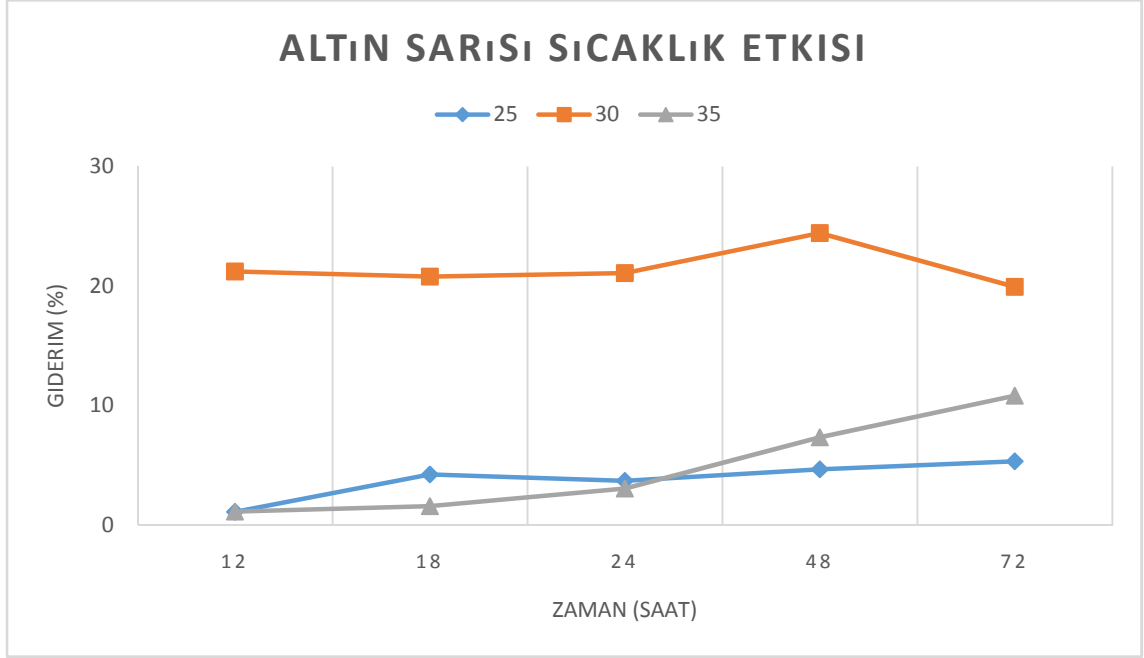


Şekil 4.19. AR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.15. AR boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)		
	25 °C	30 °C	35 °C
12	57,94	24,06	55,19
18	39,42	14,25	38,20
24	49,34	41,59	35,19
48	56,02	75,48	70,54
72	53,40	80,62	78,08

GY boyasının 20 °C’de giderimi % 5,34 oranında, 30 °C’de % 24,42 ve 35 °C’ de % 10,83 oranında giderim gerçekleştirdiği belirlenmiştir. 30 °C’nin daha etkin olduğu gözlenmiştir. (Şekil 4.20., Çizelge 4.16.)



Şekil 4.20. GY boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisi grafiği

Çizelge 4.16. GY boyası için melaslı besiyerinde sıcaklık etkisinin giderim oranları

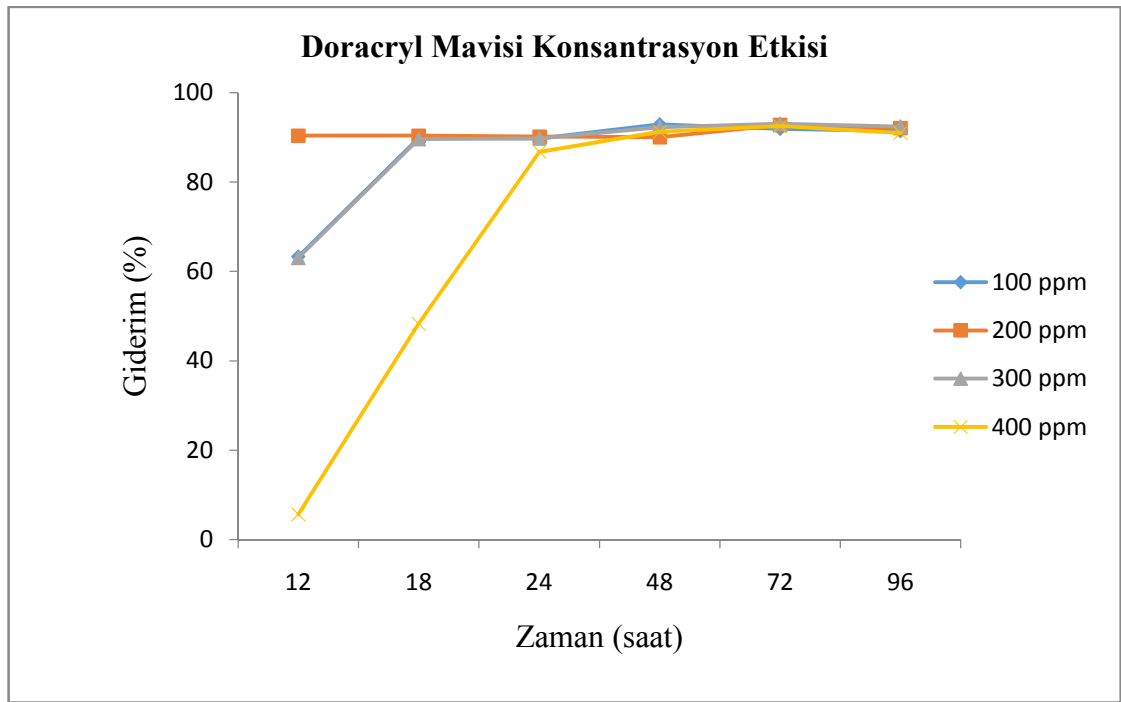
Zaman (saat)	Giderim oranı (%)		
	25 °C	30 °C	35 °C
12	1,09	21,20	1,13
18	4,24	20,78	1,58
24	3,70	21,09	3,05
48	4,65	24,42	7,33
72	5,34	19,92	10,83

4.5 Konsantrasyon Etkisi

Yapılan tez çalışmasında uygun pH değeri seçildikten sonra bu pH'da boya konsantrasyon artışının boyar madde giderimine etkisi incelenmiştir.

4.5.1 Nutrient broth besiyerinde konsantrasyon etkisi

Tez çalışmasında DB boyasının konsantrasyonu yükseldikçe başlangıç boya gideriminin düştüğü ancak 24 saatlik inkübasyon periyodu sonunda boya gideriminin en yüksek seviyeye ulaştığı bulunmuştur. İnkübasyon periyodunun 12 saatlik başlangıç döneminde 100, 200, 300, 400 ppm'lik konsantrasyon değerleri için sırasıyla % 63,29, % 90,40, % 63,01, % 5,64 giderim değerlerine ulaştığı ve 96 saatlik inkübasyon periyodu sonunda herbir konsantrasyon değeri için % 90 civarında giderim yapıldığı tespit edilmiştir. (Şekil 4.21., Çizelge 4.17.)

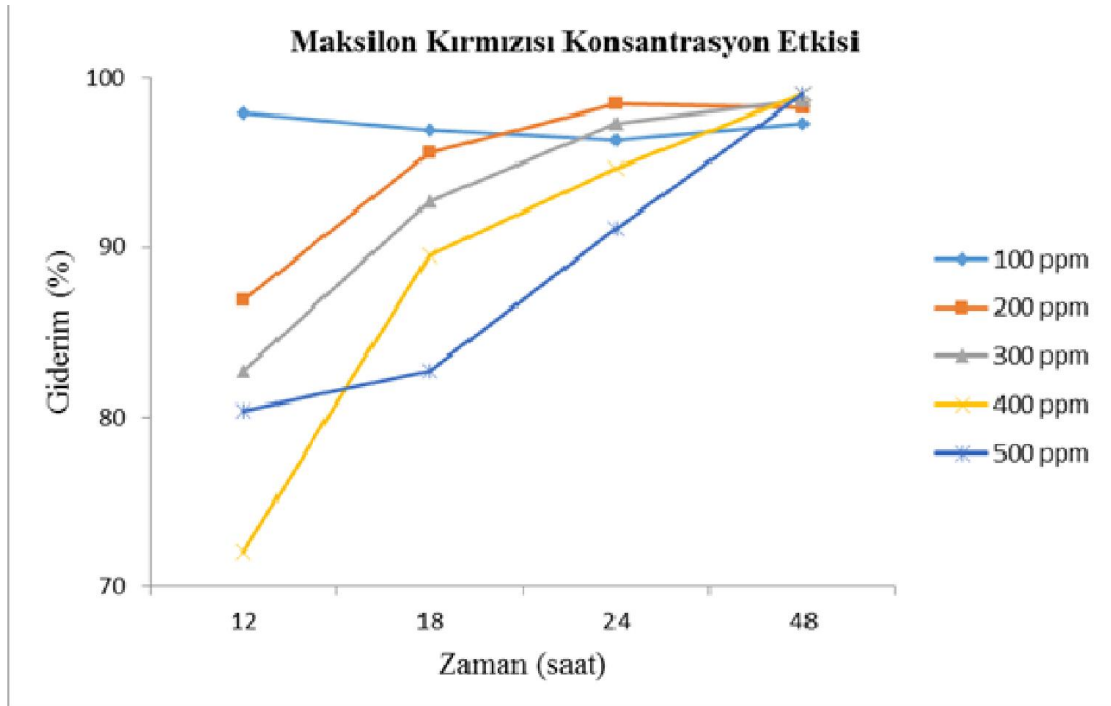


Şekil 4.21. DB boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.17. DB boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları,

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)			
	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm
12	63,29	90,40	63,01	5,64
18	89,88	90,41	89,60	48,37
24	89,77	90,20	89,72	86,71
48	92,87	90,02	92,25	91,22
72	91,90	92,75	93,06	92,57
96	91,41	92,12	92,37	90,96

MR boyasının konsantrasyon artışıyla giderim oranının düştüğü belirlenmiştir. İlk 12 saatlik periyotta 100, 200, 300, 400, 500 ppm’lik konsantrasyon deney sonuçları sırasıyla % 97,90, % 86,91, % 82,73, % 72,08, % 80,37 oranında giderim gerçekleştirdiği ve 48 saatlik inkübasyon sonunda her bir konsantrasyon değeri için % 95 üzerinde bir oranla giderim gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. (Şekil 4.22., Çizelge 4.18.)

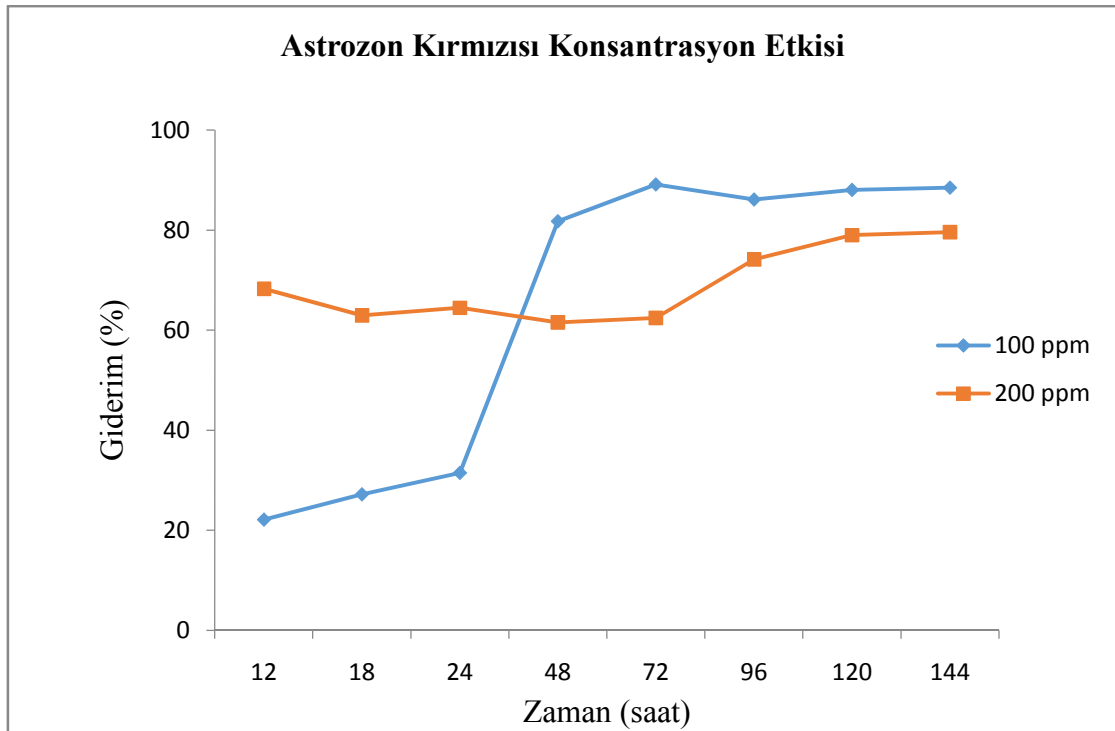


Şekil 4.22. MR boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.18. MR boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)				
	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm	500 ppm
12	97,90	86,91	82,73	72,08	80,37
18	96,89	95,59	92,66	89,56	82,76
24	96,32	98,42	97,33	94,66	91,08
48	97,29	98,22	98,63	99,03	99,07

AR boyasının 12 saatlik periyot sonunda konsantrasyon sonuçları 100 ve 200 ppm için sırasıyla % 22,13 ve % 68,25 olarak belirlenmiştir. 144 saatlik inkübasyon sonunda her konsantrasyon değeri için % 80 ve üzeri giderim gerçekleştirdiği belirlenmiştir. 200ppm konsantrasyonun üzerindeki konsantrasyonlarda bakteri gelişimi gözlenmemiştir. (Şekil 4.23., Çizelge 4.19.)

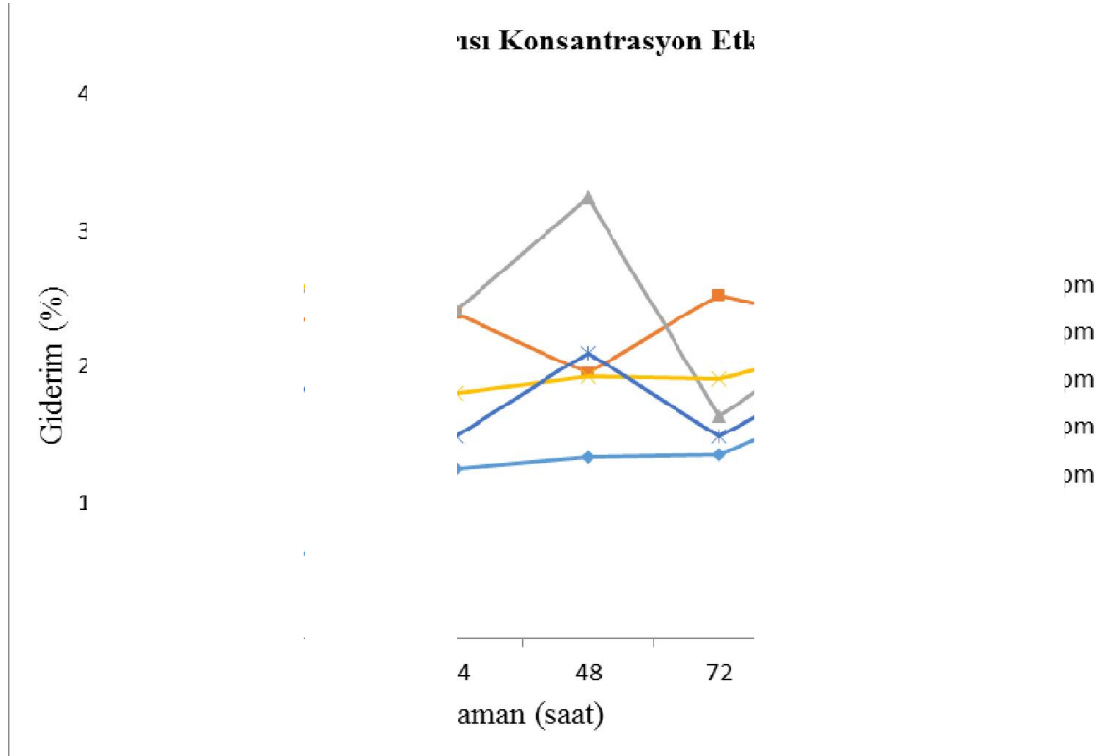


Şekil 4.23. AR boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.19. AR boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)	
	100 ppm	200 ppm
12	22,13	68,25
18	27,17	62,93
24	31,48	64,51
48	81,74	61,50
72	89,10	62,40
96	86,12	74,13
120	88,00	79,01
144	88,46	79,54

GY boyasının ilk 12 saatlik inkübasyon periyodu sonunda 100, 200, 300, 400, 500 ppm konsantrasyon deney sonuçları sırasıyla % 4,46, % 22,03, % 25,47, % 29,02, % 13,48 oranında giderim gösterdiği belirlenmiştir. 96 saatlik inkübasyon sonunda ise % 15 giderim oranı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. (Şekil 4.24., Çizelge 4.20.)



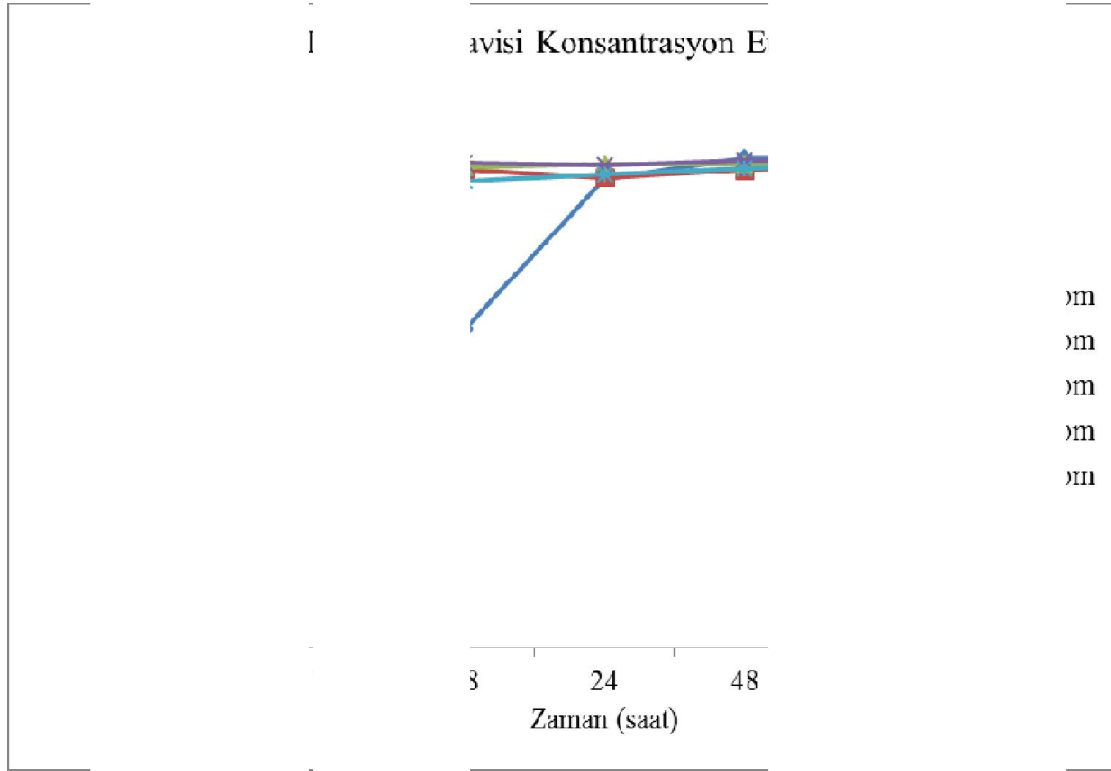
Şekil 4.24. GY boyası için NB besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.40. GY boyasının NB besiyerinde konsantrasyon oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)				
	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm	500 ppm
12	4,46	22,03	25,47	29,02	13,48
18	6,62	23,62	25,61	25,33	19,21
24	12,48	23,84	24,14	18,05	14,90
48	13,31	19,47	32,38	19,21	20,97
72	13,54	25,22	16,40	19,05	14,86
96	17,55	23,09	22,68	21,48	19,94

4.5.2 Melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi

DB boyasının ilk 12 saatlik inkübasyon sonunda 100, 200, 300, 400, 500 ppm konsantrasyon sonuçları sırasıyla % 19,64, % 79,35, % 78,84, % 64,20, % 5,98 olarak tespit edilmiştir. 72 saatlik inkübasyon sonunda % 85 üzerinde giderim gerçekleştirdiği belirlenmiştir. (Şekil 4.25.,Çizelge 4.21)

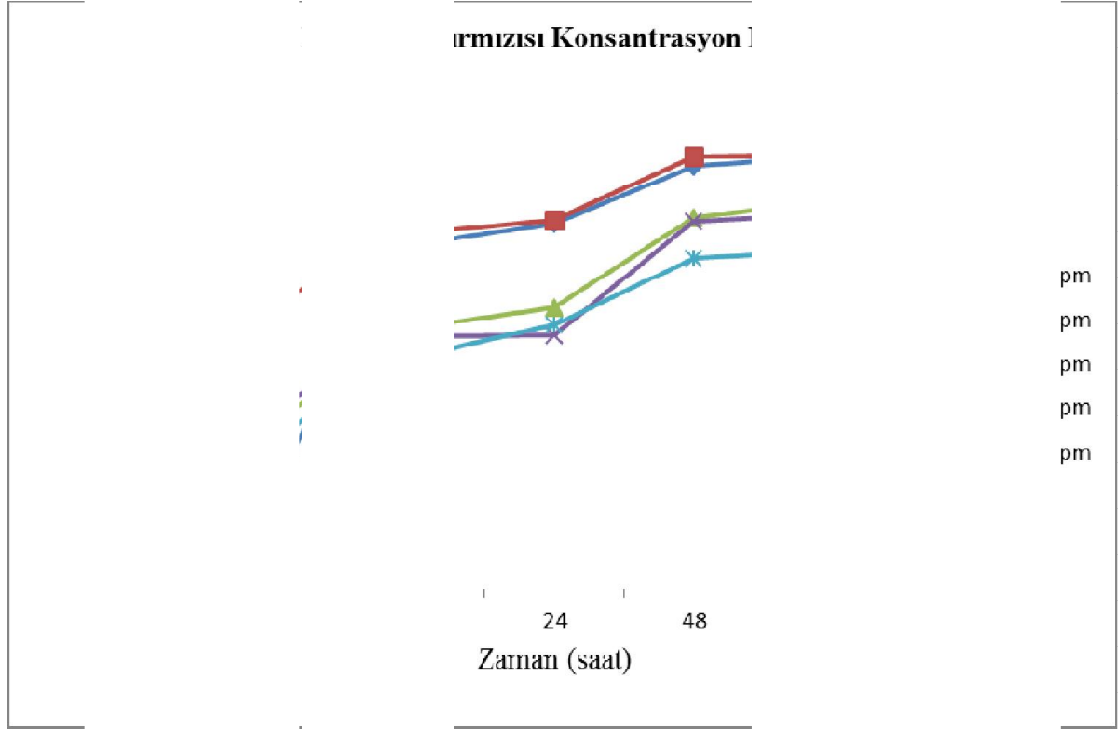


Şekil 4.25. DB boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.21. DB boyasının melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları

Giderim oranı (%)					
Zaman (saat)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm	500 ppm
12	19,64	79,35	78,64	64,20	5,98
18	58,80	88,44	88,80	89,74	86,34
24	86,84	87,02	89,53	89,31	87,55
48	90,51	88,47	89,38	90,05	88,59
72	90,27	88,92	89,73	89,82	89,43

MR boyasının ilk 12 saatlik 100, 200, 300, 400, 500 ppm konsantrasyon sonuçları sırasıyla % 38,39, % 67,25, % 47,74, % 50,10, % 45,20 olarak tespit edilmiştir. 72 saatlik inkübasyon periyodu sonunda % 80 ve üzerinde giderim gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. (Şekil 4.26., Çizelge 4.22.)

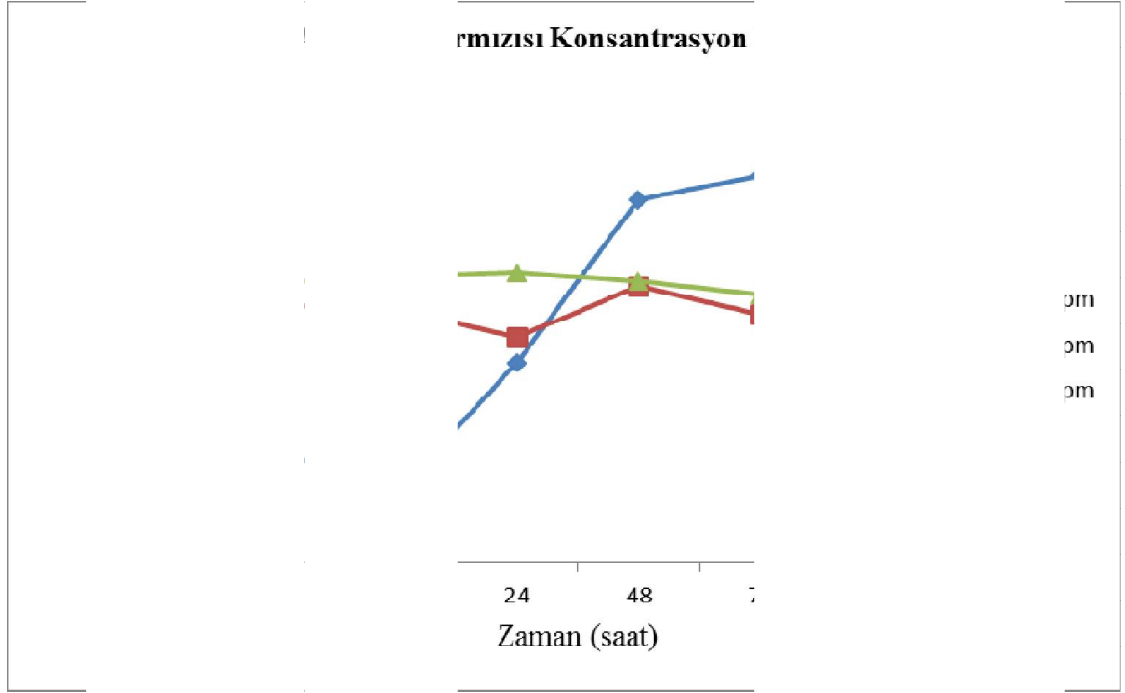


Şekil 4.26. MR boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.22. MR boyasının melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları

Zaman (saat)	Giderim oranı (%)				
	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm	500 ppm
12	38,39	67,25	47,74	50,10	45,20
18	76,90	78,92	63,27	61,70	58,39
24	80,48	81,04	66,47	61,91	63,54
48	89,83	91,51	81,47	80,84	74,62
72	91,59	91,87	84,31	82,06	76,05

AR boyasının ilk 12 saatlik inkübasyon periyodu sonunda 100, 200, 300 ppm konsantrasyon sonuçları sırasıyla % 24,06, % 53,62, % 58,27 olarak belirlenmiştir. 300 ppm üzeri konsantrasyonlarda bakteriyel gelişim gözlenmemiştir. (Şekil 4.27., Çizelge 4.23.)

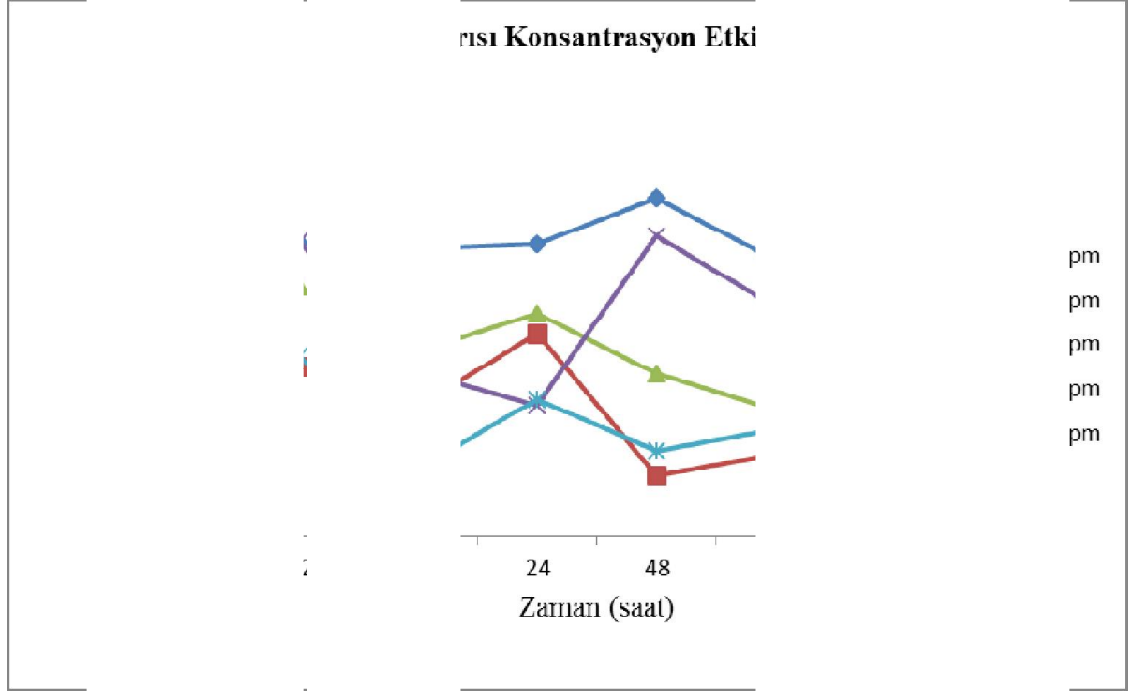


Şekil 4.27. AR boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.23. AR boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları

Giderim oranı (%)			
Zaman (saat)	100 ppm	200 ppm	300 ppm
12	24,06	53,62	58,27
18	14,25	52,64	59,69
24	41,59	46,89	60,27
48	75,48	57,47	58,66
72	80,62	51,80	55,78
96	80,97	48,18	56,37

GY boyasının ilk 12 saatlik periyot sonunda 100, 200, 300, 400, 500 ppm konsantrasyon sonuçları % 21,20, % 12,21, % 18,07, % 21,23, % 13,01 olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.28., Çizelge 4.24.)



Şekil 4.28. GY boyası için melaslı besiyerinde konsantrasyon etkisi grafiği

Çizelge 4.24. GY boyasının melaslı besiyerinde konsantrasyon oranları

Giderim oranı (%)					
Zaman (saat)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm	500 ppm
12	21,20	12,21	18,07	21,23	13,01
18	20,78	9,33	13,36	11,85	4,91
24	21,09	14,62	16,10	9,46	9,83
48	24,42	4,42	11,73	21,65	6,18
72	19,92	5,96	9,08	16,45	7,77
96	18,61	3,94	16,10	16,88	4,52

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE SONUÇ

DB boyası ile yapılan deneylerde, NB besiyerinde inkübasyon periyodu uzadığında tüm pH' larda % 90 üzeri giderim sağlandığı görülmüş ancak 12 saatlik inkübasyon periyodunda en yüksek giderimin pH 7' de % 63,29 ile sağlandığı tespit edilmiş ve sonraki denemeler için pH 7 seçilmiştir. Adı geçen boya için sıcaklık denemelerinde giderim oranlarının % 90 civarında olduğu ve sıcaklığın boya gideriminde etkisinin olmadığı bulunmuştur. Konsantrasyon denemelerinde ise başlangıç konsantrasyonun inkübasyon periyodunun 12. saatinde giderim oranını düşürdüğü buna karşın inkübasyon periyodunun sonunda boyanın neredeyse tamamının giderildiği tespit edilmiştir.

MR boyası ile yapılan deneylerde, NB besiyerinde en iyi giderimin pH 8' de gerçekleştiği tespit edilmiş ve sonraki denemeler için pH 8 seçilmiştir. Inkübasyon periyodu uzadıkça tüm pH' larda % 95 ve üzeri giderim gözlenmiştir. Sıcaklık denemelerinde % 95 civarında giderim gerçekleştiği belirlenmiştir fakat sıcaklık artışının boya gideriminde etkili olmadığı gözlenmiştir. Konsantrasyon denemelerinde ise ilk 12 saatte % 70 ve üzeri giderim gerçekleşmiştir ve konsantrasyon arttıkça giderim oranı arttığı belirlenmiştir. Inkübasyon periyodu sonuna kadar boyanın neredeyse tamamının giderildiği tespit edilmiştir.

AR boyası ile yapılan deneylerde, NB besiyerinde en yüksek giderimin pH 6' da % 92,06 olarak belirlenmiş ve sonraki denemeler için pH 6 seçilmiştir. Denenen pH' lardan pH 6, 7 ve 8' de % 85 ve üzeri giderim gerçekleştiği belirlenmiştir. Sıcaklık denemelerinde sıcaklık artışıyla boya gideriminde azalma tespit edilmiştir. Inkübasyon periyodu sonunda 25 °C ve 30 °C' de % 80 civarında giderim gözlenirken 35 °C' de ise % 50 civarında giderim gözlenmiştir. Konsantrasyon denemelerinde ise konsantrasyon artışıyla giderimde artış gözlenmesine rağmen 300 ppm ve üzerinde bakteriyel gelişim gözlenmemiştir. 100 ve 200 ppm konsantrasyonda % 80 civarında giderim tespit edilmiştir.

GY boyası ile yapılan deneylerde, NB besiyerinde en yüksek giderimin pH 7 değerinde % 24,52 olarak belirlenmiştir. Bütün pH' larda yaklaşık olarak % 20 giderim tespit edilmiştir. Sıcaklık denemelerinde boya gideriminde sıcaklığın bir etkisinin olmadığı

tespit edilmiştir. Konsantrasyon denemelerinde artan konsantrasyon ile boya gideriminde azalma görülmüştür ancak inkübasyon periyodu başlangıcı ile periyot sonunda belirgin bir fark gözlenmemiştir.

DB boyası ile yapılan deneylerde melaslı besiyerinde en iyi giderimin pH 8' de % 90,51 ile sağlandığı belirlenmiş ve diğer deneyler için pH 8 seçilmiştir. Sıcaklık denemelerinde % 90 civarında bir giderim gerçekleştiği tespit edilmiştir fakat sıcaklık artışının giderim üzerinde bir etkisi olduğu gözlenmemiştir. Konsantrasyon artışının giderimi düşürdüğü gözlenmiştir. İnkübasyon periyodu sonunda tüm konsantrasyonlarda yaklaşık olarak % 90 giderim gerçekleşmiştir.

MR boyası ile yapılan deneylerde melaslı besiyerinde en iyi giderimin pH 8' de % 91,59 olarak belirlenmiştir ve sonraki denemeler için pH 8 seçilmiştir. Sıcaklık denemelerinde inkübasyon periyodu sonunda sıcaklık artışının giderimde azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir ancak her bir sıcaklıkta % 80 ve üzerinde giderim belirlenmiştir. Konsantrasyon denemelerinde ise konsantrasyon artışıyla giderim oranı düşmüştür. Denenen konsantrasyonlarda % 80 civarında giderim tespit edilmiştir.

AR boyası ile yapılan deneylerde melaslı besiyerinde % 80,97 giderim oranı ile pH 8 değeri seçilmiştir. Sıcaklık denemelerinde sıcaklık artışı inkübasyon periyodu sonunda 25 °C' ye göre 30 °C ve 35 °C' için artış gözlenmiştir. Konsantrasyon deneylerinde ise inkübasyon periyodu başlangıcında boya gideriminde artış gözlenmesine rağmen periyot sonunda giderim oranında azalma tespit edilmiştir. 300 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda bakteriyel gelişim gözlenmemiştir.

GY boyası için yapılan deneylerde melaslı besiyerinde % 24,42 oranında giderim ile pH 8 değeri seçilmiştir. İnkübasyon periyodu uzadıkça boya gideriminde azalma tespit edilmiştir. Sıcaklık denemelerinde boya gideriminde sıcaklığın etkisi olmadığı belirlenmiştir. Konsantrasyon deneylerinde de belirgin bir fark görülmemiştir. Bakteriyel gelişim her konsantrasyonda da olmasına rağmen boya gideriminde kayda değer bir sonuç bulunmamıştır.

Yapılan tez çalışmasında tekstil sanayinde kullanılan dört farklı boyanın atık sudan izole edilen saf bakteriyel kültür ile giderimi üzerinde çalışılmıştır. Boya giderimi için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmakta ve konu hakkında çok miktarda araştırmalar

yapılmaktadır. Ancak boyalar canlılar üzerindeki toksik etkileri nedeniyle güncel araştırma konusu olma özelliğini kaybetmemiştir.

Bakteriyel konsorsiyumlar veya saf kültürler ile yapılan çalışmalarda tez çalışmasında kullanılan pH ve sıcaklık değerlerinde benzer oranlarda boyar madde giderimi yapıldığı görülmüş ancak 12 saat gibi kısa bir inkübasyon periyodunda yapılan bu çalışmada görülen yüksek orandaki giderim oranlarına ulaşılmadığı belirlenmiştir. Literatür bilgisinde ise boyar madde konsantrasyonlarında tez çalışmasında ulaşılan yüksek başlangıç konsantrasyonu değerlerine ulaşılmadığı görülmüştür (Feng vd., 2014; Khouni vd., 2012; Moosvi vd., 2006; Vijayalakshmi vd., 2015; Silveria vd., 2009; Sirianuntapiboon vd., 2007).

Tez çalışmasında kullanılan boyalardan dorakril mavisi ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanamamıştır. Maksillon kırmızısı ile ilgili yapılan çalışmada pH 5,8'de 30 derecede kaolinit ile adsorpsiyon yöntemi ile boya giderimi yapılmış ve en yüksek 20 mol/g oranında boya konsantrasyonunda yüksek oranda giderim yapıldığı tespit edilmiştir (Doğan vd., 2009). Altın sarısı boyasının gideriminde bakteriyel konsorsiyum ve *S. commune* ve *G. lucidum* saf kültürleriyle yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda konsorsiyum için pH 7 buna karşılık saf kültürler için pH 4,5' da ve 40 ile 35 derecede yüksek giderim oranlarına ulaşılmıştır (Asgher vd., 2008; Waghmode vd., 2011). Yapılan tez çalışmasında ise altın sarısı boyası için yüksek boya giderimi yapılamamıştır. Adsorpsiyon, biyosorpsiyon ve enzimatik yolla Astrazon kırmızısı boyası gideriminde ve adsorbent ile boyanın bir arada bulunma süresinin artışına bağlı olarak boya giderim oranının arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan tez çalışmasında elde edilen giderim oranları literatür ile uyum göstermektedir (Almeida vd., 2010; Sedighi vd., 2009; Yesilada vd., 2002). Kullanılan boyalardan Dorakril mavisi, Maksilon kırmızısı ve Astrazon kırmızısı için oldukça yüksek giderim oranları tespit edilmiştir. Bakteriyel yolla giderim oranının yüksek olduğu belirlenmiştir. Altın sarısı için ise bakteriyel yolla gideriminin zor olduğu ve yüksek giderim gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

Tez çalışmasında elde edilen veriler ve literatürle karşılaştırılmaları sonucunda kullanılan boyalardan Dorakril mavisi ve Maksilon kırmızısında en yüksek dekolorizasyon oranların ulaşıldığı ve bu boyaların biyoakümülyasyon yolu ile

giderimlerinin mümkün olduğu diğerk taraftan astrazon kırmızısında düşük konsatrasyonlarda etkin boya giderimi yapılabileceği ancak yüksek konsantrasyonlarda boya giderimi yapılamadığı ve altın sarısı boyasının ise gideriminde bakteriyel giderimin etkin olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenele izole edilen bakteriyel kültürün Doarcryl mavisi ve Maksilon kırmızısı gideriminde kullanılabileceği, Astrazon kırmızısı gideriminde kısıtlı oranda kullanılabileceği ve Altın sarısı boyasının gideriminde kullanımının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Acuner, A. and Dilek, F.B., "Treatment of tectilon yellow 2G by *Chlorella vulgaris*", ***Process Biochemistry*** 39, 623-631, 2004.
- Ang, E.L., Zhao, H. and Obbard, J.P., "Recent advances in the bioremediation of persistent organic pollutants via biomolecular engineering", ***Enzyme Microbial Technology*** 37, 487-496, 2005.
- Aksu, Z. and Dönmez, G., "The use of molasses in copperII containing wastewaters: effect on growth and copperII bioaccumulation properties of *kluveromyces marxianus*", ***Process Biochemistry*** 36, 451-458, 2000.
- Almeida, C.A.P., Santos, A., Jaeger, S., Debacher, N.A. and Hankins, N.P., "Mineral waste from coal mining for removal of astrazon red dye from aqueous solutions", ***Desalination***, 264, 181-187, 2010.
- Asgher, M., Kausar, S., Bhatti, H.N., Shah, S.A.H. and Ali, M., "Optimization of medium for decolorization of solar golden yellow R direct textile dye by *Schizophyllum commune* IBL-06", ***International Biodeterioration & Biodegradation***, 61, 189-193, 2008.
- Ayed, L., Mahdhi, A. and Cheref, A., "Decolorization and degradation of azo dye Methyl Red by an isolated *Sphingomonas paucimobilis*: biotoxicity and metabolites characterization", ***Desalination*** 274, 272-277, 2011.
- Balamurugan, B., Thirumarimurugan, M. and Kannadasan, T., "Anaerobic degradation of textile dye bath effluent using *Halomonas sp.*", ***Bioresource technology***, 102, 6365-6369, 2011.
- Banat, I.M., Nigam, P., Singh, D. and Marchant, R., "Microbial decolorization of textile dye containing effluents: A review", ***Bioresource Technology*** 56, 217-227, 1996.

- Carliell, C.M., Barclay, S.J. and Buckley, C.A., "Exhausted reactive dye bath effluent using anaerobic digestion: laboratory and treatment of full-scale trials", *Water SA* 22(3), 225-233, 1996.
- Carliell, C.M., Barclay, S.J., Naidoo, N., Buckley, C.A., Mulholland, D.A. and Senior, E., "Microbial decolorization and degradation of azo dye under anaerobic conditions", *Water SA* 21(1), 61-69, 1995.
- Ceyhan, N. ve Esmeray, E., "Petrol kirliliği ve biyoremediasyon", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 5(1), 95-101, 2012.
- Chang, J., Chen, B. and Lin, Y.S., "Stimulation of bacterial decolorization of an azo dye by extracellular metabolites from *Escherichia coli* strain NO3", *Bioresource Technology* 91,3 , 243-248, 2004.
- Chang, J.S., Chou, C., Lin, Y., Ho, J. and Hu, T.L., "Kinetic characteristics of bacterial azo dye decolorization by *Pseudomonas luteola*", *Water Research* 35, 2841-2850, 2001.
- Chen, B.Y., "Understanding decolorization characteristics of reactive azo dye by *Pseudomonas luteola*: Toxicity and kinetics", *Process Biochemistry* 38(3),437-446, 2002.
- Chojnacka, K., "Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications", *Environment International* 36, 299-307, 2010.
- Cing, S., Tekstil boyalarının renginin gideriminde mikroorganizma kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2001.
- Çetin, D., and Dönmez, G., "Decolorization of reactive dyes by mixed cultures isolated from textile effluent under anaerobic conditions" *Enzym and Microbial Technology*, 7, 926-920, 2005.

- Doğan, M., Karaoğlu M.H. and Alkan, M., “Adsorption kinetics of maxillon yellow 4GL and maxillon red GRL dyes on kaolinite”, *Journal of Hazardous Meterials*, 165, 1142-1151, 2009.
- Dönmez, G., “Bioaccumulation of the reactive textile dyes by *Candida tropicalis* growing in molasses medium “, *Enzym and Microbial Tecnology* , 30 , 363-366, 2001.
- Feng, C., Fang-yan, C. and Yu-bin, T., “Isolation, identification of a halotolerant acid red B degrading strain and its decolorization performance”, *Apcbee Procedia*, 9, 131-139, 2014.
- Forgacs, E., Serhati, T. and Oros, G., “Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review”, *Environment International*, 30(7), 953-971, 2004.
- Ghodeke, G.S., Telke, A.A., Jadhav, J.P. and Govindwar, S.P., “Potential of *Brassica juneau* in order to treat textile effluent contaminated sites”, *Interntional Journal Of Phytoremediation*, 11(4), 297-312, 2009.
- Gönen, F. and Aksu, Z., ”Singal and binary dye and heavy metal bioaccumulation properties of *Candida tropicalis*: use of response surface metodology (RSM) for the estimation of removal yields”, *Journal of Hazardous Metarials*, 172, 1512-1519, 2009.
- Han, J.L., N, I.S., Wang, Y., Zheng, X., Chen, W.M., Hsueh, C.C., et.al., ”Exploring new strains of dye-decolorizing bacteria.”, *Journal Of Bioscience And Bioengineering*, 113(4), 508-514, 2011.
- Hassan, M.M., Alam, M.Z. and Anwar, M.N., “biodegradation of textile azo dyes by bacteria isolated from dyeing industry effluent”, *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(8), 27-31, 2013.
- Işık, M. and Sponza, D.T., “Effect of oxygen on decolorization of azo dyes by *escherichia coli* and *pseudomonas sp.* and fate of aromatic amines”, *Process Biochemistry*, 38, 1183-1192, 2003.

Jin, R., Yang, H., Zhang, A., Wang, J. and Liu, G., “Decolorization of a dye industrial effluent by *Aspergillus tumigatus* XC6”, *Applied Microbiology And Biotechnology*, 74, 239, 2007.

Joshi, T., Iyengar, L., Singh, K. and Gargis, ”Isolation, identification and application novel bacterial consortium TJ-I for the decolourization of structurally different azo dyes” *Bioresource Technology*, 99(15), 7115-7121, 2008.

Kapustka, L.A. and Reporter, M., “Terrestrial primary producers”, *Handbook Of Exotoxicology*, 1999.

Kestioğlu, K. ve Yalılı, M., “Yüksek koi içerikli tekstil atık sularının kimyasal çöktürme ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliği”, *Ekoloji*, 59: 27-31, 2006.

Khehra, M.S., Saini, S.H., Sharma, D.K., Chadha, B.S., and Chimni, S.S., ”Comparative studies on potential of consortium and constituent pure bacterial , isolates to decolorize azo dyes” *Water Research*, 39, 5135-5141, 2005.

Khouni, I., Marrot, B. and Amar, R.B., “Treatment of reconstituted textile wastewater containing a reactive dye in an aerobic sequencing batch reactor using a novel bacterial consortium”, *Separation and Purification technology*, 87, 110-119, 2012.

Kocaer, F.O., ve Alkan, V., “Boyar madde içeren tekstil atık sularının arıtım alternatifleri”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1, 47-55, 2002.

Koçak, G., *Bacillus subtilis* ile reaktif black 5 boyar maddesinin renk gideri kinetiğinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2011.

Kumar, A., Bisht, B.S., Joshi, V.D. and Dhewa, T., “Review on bioremediation of polluted environment: a management tool”, *International Journal of Environmental Sciences*, 1(6), 1079-1093, 2011.

Kuruloğlu, H.E., *Aspergillus oryzae* ile procion blau boyar maddesinin renk giderimi, Yüksek lisans tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2006.

Madigan, T.M. and Martinka, M.J., "Mikroorganizmaların biyolojisi" 11th, Cumhuriyet, *Palme yayıncılık*, Ankara, 2010

Moosvi, S., Kher, X. and Madamwar, D., "Isolation, characterization and decolorization of textile dyes by a mixed bacterial consortium JW-2", *Dyes and Pigments*, 74, 723-729, 2007.

Pandey, A., Singh, D. and Lyengar, L., "Bacterial decolorization and degradation azo dyes", *International Deterioration And Biodegradation*, 59-73, 2007.

Patel, Y., Mehta, C. and Akshaya, G., "Decolorization and degradation of azo dye Methyl Red by an isolated *Sphingomonas Paucimobilis*: biotoxicity and metabolites characterization", *Desalination*, 274, 272-277, 2011.

Rajesvari, K., Subashkumar, R. and Vijayaraman, K., "Biodegradation of reactive dyes by an isolated bacterium *Lysinibacillus sphaericus* rsv-1", *IIOAB Journal*, 5, 19-30, 2014.

Ratnamala, G.M. and Brajesh, K., "Biosorption of remazol navy blue dye from an aqueous solution using *Pseudomonas putida*", *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2(1), 80-89, 2013.

Rai, H., Bhattacharya, M., Singh, J., Bansal, T.K., Vats, P., and Banerjee, R.C., "Removal of dyes from the effluent of textile and dye stuff manufacturing industry: a review", *Critical Reviews In Environmental Science And Technology*, 33(3), 219-238, 2005.

Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R. and Nigam, P., "Remediation of dyes in textile effluent a critical review on current treatment Technologies with a proposed alternative", *Bioresource Technology*, 77, 247-255, 2001.

Saralate, R.G., Aralate, G.D., Chang, J.S. and Govindwar, S.P., "Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review", *Journal Of The Taiwan Institute Of Chemical Engineers*, 42, 138-157, 2010.

Saratale, G.D., Bhosale, S.K., Kalme, S.D. and Govindwar, S.P., “Biodegradation of kerosene in *Aspergillus ochraceus* (NCIM 1146)”, ***Journal Of Basic Microbiology***, 47(5), 400-405, 2007.

Saratale, R.G., “Development of efficient microbial consortium for biodegradation of azo dyes”, ***Shivaji University***, India, 2009a.

Saratale, R.G., Saratale, D.G., Chang, J.S. and Govindwar, S.P., “Decolorization and biodegradation of textile dye Navy blue HER by *Trichosporon beigelii* NCIM-3326”, ***Journal Of Hazardous Metarials***, 166, 1421-1428, 2009b.

Sedighi, M., Karimi, A. and Vahabzadeh, F., “Involvement of ligninolytic enzymes of *Phanerochaete chrysosporium* in terating the textile effluent containing astrazon red FBL in a packed-bed bioreactor”, ***Journal of Hazardous Meterials***, 169, 88-93, 2009.

Sharma, P., Singh, L. and Dilbaghi, N., “Biodegradation of orange II dye by *Phanerochaete chrysosporium* in simulated wastewater”, ***Journal of Scientific & Industrial Research***, 157-161, 2009.

Shah, K., “Biodegradation of azo dye compounds”, ***International Research Journal of Biochemistry and Biotechnology***, 1(2), 005-013, 2014.

Silveria, E., Marques, P.P., Silva, S.S., Lima-Filho, J.L., Porto, A.L.F. and Tambourgi, E.B., “Selection of *Pseudomonas* for industrial textile dyes decolourization”, ***International Biodeterioration & Biodegradation***, 63, 230-235, 2009.

Sirianuntapiboon, S. and Srisornsak, P., “Removal of disperse dyes from textile wastewater using bio-sludge”, ***Bioresource Technology***, 98, 1057-1066, 2007.

Soundararajan, N., Gopi, V., Akhilesh, U. and Nazma, B., “Bioremediation ability of individual and consortium of non-immobilized and immobilized bacterial strains on industrial azo textile effluent”, ***Scholars Research Library***, 3(4), 1773-1778, 2012.

Solis, M., Solis, A.Perez, M.I., Manjarrez, N. and Flores, M., ‘Microbial decolouration of azo dyes: a review ‘, ***Process Biochemistry*** , 47, 1723-1748, 2012.

Telke, A., Kalyani, D., Jadhav, S. and Govindwar, S., "Kinetics and mechanism of reactive red 141 degradation dye by a bacterial isolate *Rhizobium radiobacter* MTCC 8161" *Acta Chim*, 55, 329-329, 2008.

Tony, B.D., Goyal, D. and Khanna, S., "Decolorization of textile azo dyes by aerobic bacterial consortium", *International Biodeterioration and Biodegradation*, 63(4), 462-469, 2009.

Vandevivere, P.C., Bianchi, R. and Verstraete, W., "Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of Emerging Technologies", *Journal of Chemistry Technology and Biotechnology*, 72, 289, 1998.

Verma, P. and Madamwar, D., "Decolorization of synthetic dyes by a newly isolated strain of *Serratia marcescens*", *World Journal Microbial Biotechnology*, 19, 615, 2003.

Vijayalakshmi, S.R. and Muthukumar, K., "Improved biodegradation of textile dye effluent by coculture", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 114, 23-30, 2015

Vijayaraghavan, K. and Yun, Y., "Bacterial biosorbents and biosorption", *Biotechnology Advances*, 26, 266-291, 2008.

Waghmode, T.R., Kurade, M.B. and Garindmar, S.P., "Time dependent degradation of mixture of structurally different azo and non azo dyes by using *Galactomyces geotrichum* MTCC 1360", *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65, 479-486, 2011.

Waghmode, T.R., Kurade, M.B., Khandare, R.V. and Govindwar, S.P., "A sequential aerobic- microaerophilic decolorization of sulfonated mono azo dye golden yellow HER by microbial consortium GG-BL", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, 1024- 1034, 2011.

Yabanlı, M., "Deniz yosunlarında arsenik bioakümüasyonu", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 3(1), 1-5, 2010.

Yesilada, O., Cing, S. and Asma, D., “Decolourisation of the textile dye astrazon red FBLby *Funalia trogii* pellets”, ***Bioresource Technology***, 81, 155-157, 2002.

Zhang, F., Yediler, A., Liang, X. and Kettrup, A., “Effects of dye addivites on the ozonation process and oxidation by products: a comparative study using hydrolized Cl reactive red 120”, ***Dyes Pigments***, 60, 1, 2004.

Zhao, X. and Hardin, I.R., “HPLC and spectrophotometric analysis of biodegradation azo dyes by *Pleurotus ostreatus*”, ***Dyes Pigments***, 73, 322, 2007.

Zollinger, H., “Colour chemistry: synthesis, properties and applications of organic and pigments”, 5th ed., 187, 1991

ÖZ GEÇMİŞ

Kübra METİN TATLIGÜN 24.10.1988 tarihinde Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Ankara’da tamamladı. 2012 yılında Niğde üniversitesi Biyoloji bölümünden mezun oldu. 2012 yılında yüksek lisans eğitimine başladı.