

## ***Saccharomyces cerevisiae* Biyokütlesi ile Remazol Navy Blue Boyar Maddesinin Biyosorpsiyonu\***

**Hamdullah KORHAN<sup>1</sup>, Hatice Nur HALPÇİ<sup>2</sup>, Metin KERTMEN<sup>3</sup>, Metin DİRİRAK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>3</sup> Siirt Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Siirt

**Geliş Tarihi (Received) : 31.03.2012**

**Kabul Tarihi (Accepted) : 31.07.2012**

**Özet:** Dünyada giderek artan nüfusla birlikte gelişen teknoloji ve hızlı sanayileme, çok büyük ve çözülmesi giderek zorla an bir problemi, çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Bugün bu kirlilik doğanın dengesini bozar duruma gelmiş ve insan yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşmıştır. Yeryüzünün büyük bir bölümünü oluşturan su ortamı, geçmişten günümüze hava ve topraktan çok daha fazla kirliliğe maruz kalmıştır. Bu çalışmada *Saccharomyces cerevisiae* ile Remazol Navy Blue (RNB)'nin adsorpsiyon tekniği ile giderilmesi araştırılmıştır. Bu amaçla, boyar madde konsantrasyonu, pH ve sıcaklığın adsorpsiyon üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda RNB (30 dk'da 96,16) boyar maddesinin 30 °C'de en yüksek oranda giderildiği görülmüştür. Optimum pH belirlenmesinde, maksimum RNB biyosorpsiyonunun pH 3'de %96,56 (30 dk) olarak belirlenmiştir. Bir gram maya, 150 mg/L boyar madde içeren ortamda maksimum 73,42 mg/g RNB'yi adsorb edilebilirliği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Remazol Navy Blue, Biyosorpsiyon, *Saccharomyces cerevisiae*

### **Biosorption of Remazol Navy Blue dye with *Saccharomyces cerevisiae* Biomass**

**Abstract :** Developing technology with a growing population and rapid industrialization in the world had been caused environmental pollution as an enormous and increasingly difficult problem of solving. Nowadays, the pollution has become disrupts the balance of nature and it has reached levels that threaten human life. From past to present, as a huge part of the earth -water environment- the pollution have been exposed there more than air and soil. In this study; *S.cerevisiae* was used to as a biosorbent for removal of Remazol Navy Blue (RNB) by adsorption technique. The effects of contact time, initial dye concentration, solution pH and temperature on biosorption were investigated. As a result of the study, 30 °C has been found as optimum for maximum RNB adsorption. In optimum pH experiments, it is determined that maximum biosorption was occurred at pH 3 value at ratio of, and ratio of %96,56 (30 dk) for RNB. The optimum conditions for dye concentrations was obtained for 150 mg/L solution and it is indicated that 1 gr yeast could maximum adsorb 73,42 mg /g RNB dye.

**Keywords:** Remazol Navy Blue, *S. cerevisiae*, Biosorption

#### **GİRİŞ**

Gittikçe artan nüfusla birlikte gelişen teknoloji ve hızlı sanayileme çözülmesi oldukça zor olan çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Günümüzde ortaya çıkan bu kirlilik doğal dengeyi tehdit edici boyutlara ulaşmıştır. Çevre kirliliği su, hava ve toprakta biyolojik ve kimyasal etkenler tarafından oluşturulur. Dünyamızın büyük bir bölümünü su oluşturmaktadır. Bu nedenle kullanılmayan sular ve çöplü atıkların deşarj edildiği ortam oldu u için ekosistem içinde hava topraktan daha fazla kirliliğe maruz kalmaktadır. Atık sular yeraltı suları, akarsu, göl ve denizlerde oluşan çevre kirliliğinin en önemli kaynağıdır (Geçgel, 2009).

Tekstil endüstrilerinden alıcı ortamları bırakılan atık sular, çevresel açıdan oldukça önemli sorunlara yol açmaktadır. Çöplü organik ve inorganik maddeler, boyar maddeler, renk, bulanık su içeren ve deşerik pH'larda doğaya verilmektedir. Bu atık sular birinci dereceden alıcı ortamlardaki ilk geçirgenliğini azaltmaları nedeniyle bu ortamdaki bitkilerin fotosentez hızlarını düşürerek oksijen üretiminin düşmesine neden olmaktadır. Diğer taraftan kullanılan boyar maddelerin belirli derinliklerin üzerinde olmaları halinde sucul

organizmalar için özellikle balıklar açısından zehirlenmeye neden olabilmesi eklinde iki etki söz konusudur (Erdem ve ark., 2005).

Tekstilden deşarj edilen boya atıkları boya maddeleriyle etkileşime girmek zorundadır. Bu da suyun canlı vücudu ile etkileşmesi ve sonucu toksisite açısından artan oranda sorun teşkil etmektedir (Banat ve ark., 1996). Türkiye'de reaktif boyarmadde tüketimi yılda yaklaşık 5700 ton dolayındadır (Tezer, 2002). Günümüzde reaktif boyarmaddelerin artımında kullanılan adsorpsiyon, koagülasyon-flokülasyon oksidasyon, filtrasyon, elektrokimyasal, ozonlama gibi fiziksel ve kimyasal yöntemlerin pahalı, yatırım ve işletme maliyeti yüksek, yeni kirlilik üreten yöntemler olması nedeniyle alternatif olarak ucuz, kullanımı kolay, çevreyi kirletmeyen yeni yöntemlerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır (Aksu ve Ca atay, 2006).

Günümüzde adsorpsiyon, birçok doğal fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemde önemli bir yöntemdir. Ayrıca adsorpsiyon prosesi, atık sulardaki organik ve kimyasal kirleticilerin uygun bir katı yüzey üzerine tutularak giderilmesi için leminde de sıklıkla kullanılmaktadır. Son yıllarda konu ile ilgili yapılan

çalı malar, boyarmaddelerin adsorpsiyonunda daha ucuz sorbentlerin ara tırılmasına yöneliktir. Bu kapsamda biyosorpsiyon olarak da adlandırılan biyolojik materyaller kullanılarak atık suların arıtılması ilemi konusunda çalı malar yapılmaktadır (Aksu, 2003).

*Saccharomyces cerevisiae* ve *Pseudomonas aeruginosa*'nın uranyum adsorpsiyonu üzerine pH, sıcaklık ve ortamda bulunan di er anyon ve katyon deri imlerinin etkisine incelenmi ve hızlı bir adsorpsiyon prosesi gerçekte tirmeyi ba armı lardır (Shumate, 1978).

*Saccharomyces cerevisiae* biyosorpsiyona Remazol Black B, Remazol Blue ve Remazol Red RB gibi raktif tekstil boyar maddelerini kullanarak de i ik fonksiyonel grupların (karbolsil, amino ve fosfat) biyosorpsiyona etkilerini incelemi lerdir. Biyosorbentten diazo yapıda olan raktif tekstil boyar maddelerini yüksek kapasitelerde adsorpladı ı sonucunu elde etmi tir (Aksu 2003).

Basic blue, Acid blue, Congo red ve Disperse red boyar maddelerinin *Aspergillus niger* ile gideriminde karboksil, amino ve fosfat gruplarının rolü belirlenmi , fungal biyokütlerde ve boyarmadde yapısında bulunan fonksiyonel grupların biyosorpsiyon miktarını etkiledi i belirtilmi tir (Fu ve Viraraghavan, 2001).

Canlı ve ölü *Saccharomyces cerevisiae* biyosorbentine  $Pb^{++}$  iyonlarının tutunmasının incelendi i çalı mada, canlı hücrelerin, ölü hücrelere göre  $Pb^{++}$  tutma kapasitelerinin daha yüksek ve hızlı gerçekte ti ini belirtmi lerdir (Suh ve ark., 1998).

*Saccharomyces cerevisiae* biyomasını  $Pb^{++}$  giderimi için kullanılmı ve optimum adsorpsiyonun pH 5'te gerçekte ti i belirtilmi tir. Bunun nedenini ise çözeltilinin artan pH de eriyle ortamdaki protonların azalması ve metal iyonlarının biyosorbent üzerindeki etkin gruplara daha fazla ba lanabilecekleri ekinde açıklama lardır (Çabuk ve ark., 2007).

Biyosorpsiyon i leminde Remazol Red ve Remazol Golden Yellow boyaları giderimi için kurutulmu *C. vulgaris* kullanılmı ve çalı manın yalnızca Langmuir modeline uyumlu oldu unu tespit etmi lerdir (Aksu ve Tezer, 2005). Gerçekte tirilen biyosorpsiyon çalı malarının Langmuir ve Freundlich izoterm e rilerine uyumlulu na bakıldı nda raktif boya gideriminde *Chlorella* biyomasını kullanılmı ve her iki modelin de *Chlorella* biyosorpsiyonuna uyumlu oldu una dikkat çekmi lerdir (Sing ve ark., 2010).

Bu çalı mada, Ülkemizde en fazla kullanılan raktif boyalardan biri olan Remazol Navy Blue'nun üretim süresi ve maliyeti açısından oldukça ekonomik olan *S. cerevisiae* ile biyosorpsiyonu için optimum ko ulları belirlemek ve çalı manın izoterm e rileri uyumlulu nu göstermek hedeflenmi tir.

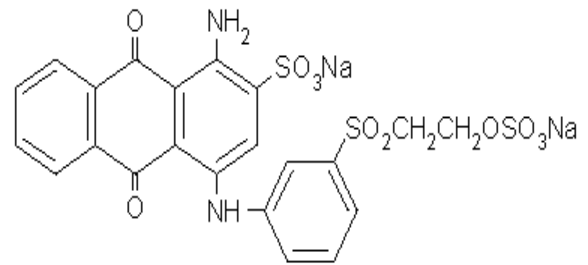
## MATERYAL ve METOT

### Biyosorbent ve Üretim Ko ulları

*Saccharomyces cerevisiae* biyosorbenti starter kültür olarak PAKMAYA A. .'den temin edilmi olup mikroço altımı Sabouroud Dekstroz Broth sıvı besiyeri ortamında üretilmi tir. Geli en mayalar santrifüj yolu ile ortamdan alınmı ve 80°C'de 6 saat kurutulduktan sonra toz haline getirilerek biyosorpsiyon çalı malarında kullanılmı tir.

### Boyar madde

Bu çalı mada adsorbat olarak kullanılan raktif bir tekstil boyar maddesi olan Remazol Navy Blue DYESTAR firmasının ticari olarak üretilmi oldu u bir boyar madde olup K PA A. .'den temin edilerek biyosorpsiyon deneylerinde kullanılmı tir. Boyar maddenin kimyasal yapısı ekil 1 de verilmi tir.



ekil 1. RNB boyar maddesinin kimyasal yapısı

### Biyosorpsiyon Deneyinin Uygulanması

Deneylerde kullanılmak üzere, Remazol Navy Blue boyar maddesinin stok çözeltileri saf su kullanılarak hazırlanmı tir. Bu çözeltilerden seyreltmeler yapılarak istenilen konsantrasyonlarda çalı ma çözeltileri (10-150 mg/L'lik) hazırlanmı tir. Daha sonra bu çözeltilerden 50'er mL alınarak 0.1 gr olarak tartılmı biyosorbentler ilave edilmi tir. Çalkalayıcı su banyosunda biyosorpsiyon deneyleri çe itli süreler (1-60 dakika) kullanılmı tir.

Daha sonra farklı sıcaklık (20-60°C de), farklı ba langıç pH (3-7,67) ve konsantrasyonlar da (10-150 mg/L'lik) biyosorbsiyon çalı maları, çalkalamalı subanyosunda 150 rpm sabit çalkalama hızı ko ullarında gerçekte tirilmi tir. Gerçekte en biyosorbsiyon oranı, örnekler kesikli sistemden alındıktan sonra 5000 rpm/dk santrifüj edilip 593 nm'de UV-vis spektrofotometrede (Perkin Elmer, UK) ölçülmü tir.

### Boyar Madde Miktarlarının Hesaplanması

Sulu ortamdan uzakla tırılan boyar madde miktarlarının hesaplanmasında a a ıdaki e itlik kullanılmı tir:

$$q_e (x/m) = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{W}$$

Etilikte;  $q_e$  = Adsorbent birim ağırlığı başına tuttuğu madde miktarı (mg/g);  $x$  = Adsorplanan maddenin kütlesi (mg/L);  $m$  = Adsorbent kütlesi (g/L);  $C_0$  = Boyar maddenin başlangıç konsantrasyonu (mg/L);  $C_e$  = Adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan boyar madde konsantrasyonu (mg/L);  $V$  = Kullanılan çözelti hacmi (L);  $W$  = Kullanılan adsorbent miktarı (g)

#### Langmuir zotermi,

$$C_e/Q_e = 1/Q_0b + C_e/Q_0$$

eklinde ifade edilir. Buna göre,  $C_e/Q_e - C_e$  grafiği çizilerek  $Q_0$  ve  $b$  hesaplanır. Burada,  $C_e$  adsorpsiyondan sonra ortamda kalan boyar maddenin konsantrasyonu,  $Q_e=x/m$  dir ve adsorbent gram başına adsorplanan boyar maddenin mg/g olarak miktarı.  $Q_0$  adsorbent kapasitesi,  $b$  ise prosesin enerjisidir (Langmuir, 1918).

#### Freundlich zotermi,

$$Q_e = x/m = k C_e^{1/n}$$

eklinde ifade edilir ve bu ifadenin lineer hali,

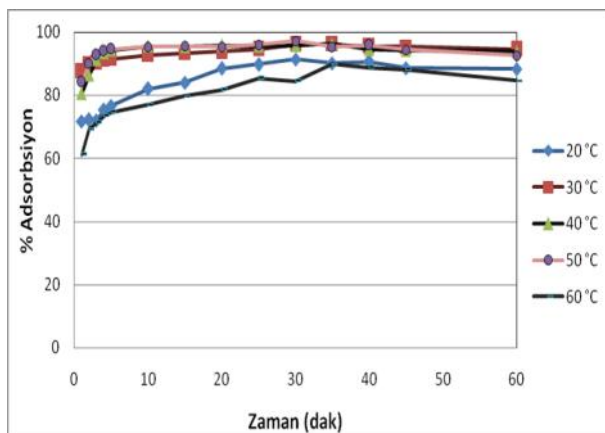
$$nQ_e = \ln x/m = \ln k + 1/n \ln C_e$$

Buna göre,  $\ln k - \ln C_e$  grafiği çizilerek  $k$  ve  $n$  değerleri hesaplanır. Burada  $k$  adsorpsiyon kapasitesi,  $n$  ise adsorpsiyon iddetidir (Freundlich, 1907).

### BULGULAR

#### Sıcaklığın Etkisi

Deney sürelerinin belirlenmesi için ön çalışmalar sonrası veriler doğrultusunda deney süreleri 60 dk olarak belirlenmiştir. Çünkü tüm veriler doğrultusunda dengelenme sürelerinin ortalama 15-30 dk. aralığında olduğu görülmüştür. Bu nedenden dolayı deney süreleri kısa tutulmuştur. Tüm deneylerde 50 mg/L boyar madde konsantrasyonu başlangıç olarak kabul edilmiştir. Konsantrasyon değerlerinin dışında tüm deneylerde % oranları 50 mg/L üzerinde hesaplanmıştır. Biyosorpsiyona sıcaklık etkisi ile ilgili deneyler 20-60 °C aralığında yapılmış olup elde edilen bulgular ekil 2'de verilmiştir.



ekil 2. Sıcaklığın Remazol Navy Blue'nun *S. cerevisiae* le Biyosorpsiyonuna Etkisi

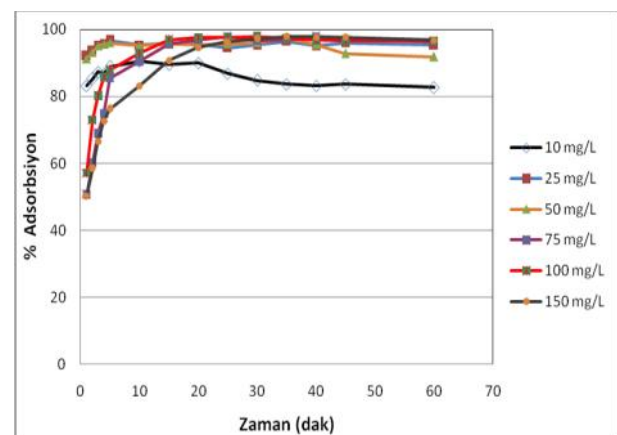
Sıcaklık aralığı 20- 60°C olarak belirlenerek gerçekleştirilen deneylerde biyosorpsiyonun sıcaklıkla değişimi gösterdiği belirlenmiştir. 20°C'de yapılan en yüksek biyosorpsiyon 30. dk'da %91.44 olarak gözlemlenmiştir. 30°C'deki deneyde en yüksek biyosorpsiyon 30. dk'da %96.16 olarak tespit edilmiştir. 40°C'de yapılan biyosorpsiyon çalışmasındaki sonuçlar incelendiğinde en iyi 35. dk'da %96.24 olarak bulunmuştur. 50°C'de gerçekleştirilen çalışmada elde edilen bulgular incelendiğinde biyosorpsiyonun en yüksek değerinin 30. dk'da %97.20 olarak gerçekleştirildiği görülmüştür. 60°C'de yapılan deneydeki bulgular incelendiğinde biyosorpsiyonun en yüksek değerinin 35. dk'da %89.89 olarak görülmüştür.

ekil 2'de elde edilen veriler incelendiğinde enerji gereksinimi ve maliyet düşürülerek incelenen bulgularda en iyi sonucun 30°C'de gerçekleştirildiği görüldüğünden dolayı deneyler 30°C'deki sonuç temel alınarak çalışılmıştır.

#### Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi

Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun biyosorpsiyona etkisinin araştırıldığı deneylerde seyreltik ve derişik 10-150 mg/L aralığı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular ekil 3'te gösterilmiştir.

ekil 3'teki deneysel bulgulara göre biyosorpsiyonun 10 mg/L boyar konsantrasyonundaki en iyi sonuç 20. dk'da % 90.00 olarak görülmüştür. 25 mg/L'lik boyar madde kullanılarak yapılan deneyde en iyi sonuç 35. dk'da %96.42 olarak bulunmuştur. 50 mg/L boyar madde konsantrasyonu kullanılan deneyde *S. cerevisiae* biyosorbenti üzerine adsorplanan en yüksek miktar 35. dk'da %97.26 olarak tespit edilmiştir. 75 mg/L boyar madde bulunan deneyde biyosorbent üzerine adsorplanan en yüksek miktar 40. dk'da %97.86 olarak görülmüştür. 100 mg/L'lik boyar madde çözeltisi kullanılarak yapılan deneysel çalışmada biyosorpsiyonun en yüksek olduğu miktarın 30. dk'da %97.94 olarak elde edilmiştir. 150 mg/L'lik boyar madde kullanılan deneyde ise biyosorpsiyonun en iyi olduğu değer 35. dk'da % 97.95 olarak bulunmuştur.

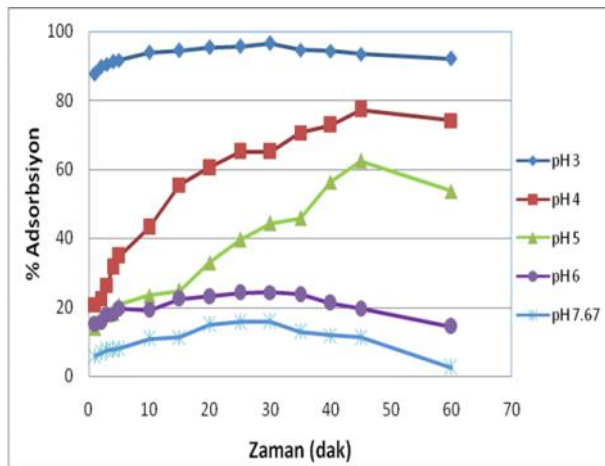


ekil 3. Remazol Navy Blue Konsantrasyonunun, *S. cerevisiae* le Biyosorpsiyonu Üzerine Etkisi

### pH'nin Etkisi

Deneylerde pH değeri olarak 3- 7,67 değerleri kullanılmıştır. pH 1, 2 gibi koşullar denenmiş ancak uygulanabilirlik, deney bulguları ve boyarmaddenin renk değişimi nedeniyle pH 3'ten daha iyi bir sonuç elde edilmediğinden de erler kullanılmamıştır. Ortamdaki boyar madde normal pH değerinin üzerine yükseltildiğinde neredeyse hiç adsorplanamamıştır gözlemlendiği için pH üst parametresi olarak normal pH değeri kabul edilmiştir.

Ekil 4'deki de erler incelendiğinde pH 3'de en yüksek biyosorpsiyon 30. dk'da %96,56 olarak gözlemlenmiştir. pH 4'te en yüksek biyosorpsiyon 45. dk'da %77,31 olarak tespit edilmiştir. pH 5'te gerçekleştirilen biyosorpsiyon deneyinde *S. cerevisiae* üzerine adsorplanan boyar madde miktarının en fazla 45. dk'da %62,43 olduğu gözlemlenmiştir. pH 6'da yapılan deneyinde en iyi sonucun 30. dk'da %24,35 olduğu gözlemlenmiştir. pH 7,67'de ise biyosorpsiyonun en yüksek değeri 30. dk'da %15,82 olduğu tespit edilmiştir.

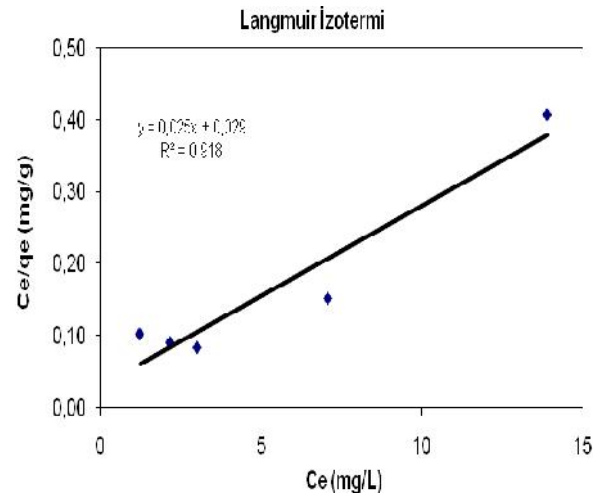


ekil 4. Remazol Navy Blue pH'sının, *S. cerevisiae* le Biyosorpsiyonu Üzerine Etkisi

### RNB için Biyosorpsiyon zotermeleri

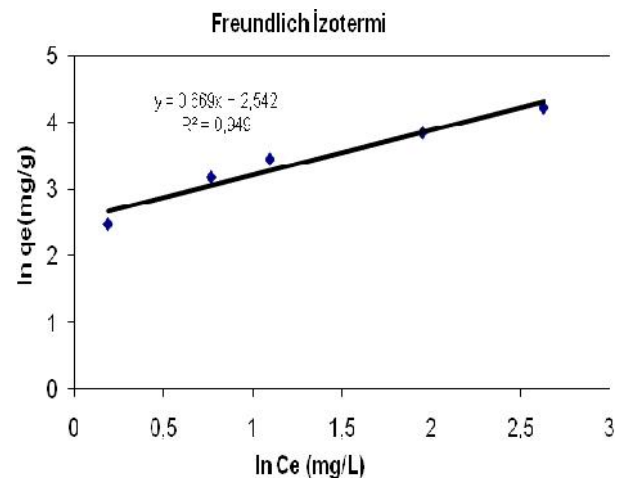
Denge anında elde edilen biyosorpsiyon verileri kullanılarak elde edilen de erlerle ekil 5 ve 6 izoterm grafikleri oluşturulmuştur.

Ekil 5'te yer alan grafiğe göre Remazol Navy Blue'nun *S. Cerevisiae* 'nın üzerine biyosorpsiyonunda kullanılan konsantrasyon de erleri Langmuir izotermine göre analiz edilmiştir. Grafikten de anlaşıldığı üzere elde edilen korelasyon de erinin 0,918 olması Langmuir izotermine kısmen bir uyum olduğunu göstermektedir. Bu durum bizlere boyar maddenin mikroorganizmanın yüzeyine tek tabaka halinde adsorplanarak kaplandığını ifade etmektedir. Benzer durum Aksu ve Dönmez (2003) tarafından yapılan biyosorpsiyon deneylerinde de gözlemlenmiştir.



ekil 5. Remazol Navy Blue'nun *S. cerevisiae* üzerine biyosorpsiyonunun Langmuir izotermi (pH 3, 30 °C, R²=0,75)

Konsantrasyon deneylerindeki de erler kullanılarak yapılan incelemede Freundlich izotermi için bulunan korelasyonun 0,949 olduğu görülmektedir. Aksu ve Dönmez (2003) bu oranı 0,99 olarak bulmuşlardır. Bu yüksek korelasyon de eri yapılan biyosorpsiyon deneylerinin Freundlich izoterm modeline uygun olarak gerçekleştirildiğini ifade etmektedir ( ekil 6). Bu durum bizlere mikroorganizma yüzeyinde lokal olarak bazı bölgelerinin aktif şekilde adsorplama özelliğinin olduğunu ifade etmektedir. Böylece Remazol Navy Blue boyar maddesinin biyosorpsiyon çalı maları sonucunda her iki izoterm modeline uymakla birlikte Freundlich izotermine daha iyi uyum olduğu söylenebilir.



ekil 6. Remazol Navy Blue'nun *S. cerevisiae* Üzerine Biyosorpsiyonunun Freundlich zotermi (pH 3, 30 °C, R²=0,75)

## SONUÇ ve TARTI MA

*Saccharomyces cerevisiae* maya biyosorbenti ile Remazol Navy Blue tekstil boyar maddesinin biyosorpsiyonunda sıcaklığın önemli bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Aksu ve Dönmez (2003)'ün yaptığı biyosorpsiyon deneylerinde *S. cerevisiae* dahil toplam 9 farklı mayayı kullanarak deney sıcaklıklarını 25 °C olarak kullanıp sıcaklığın biyosorpsiyon için önemini vurgulamışlardır. Liu ve ark. (2008), kadmiyum (II), Çinko (II), kurşun iyonlarının *Penicillium simplicissimu*'ya biyosorpsiyonuna pH, sıcaklık, bağımlı metal derişimi, biyosorbent miktarı ve reaksiyon süresinin etkisini kesikli sistemde araştırmışlardır. Kadmiyum (II), Çinko (II), kurşun iyonlarının *Penicillium simplicissimu*'ya biyosorpsiyonunda en yüksek giderim kurşun iyonlarının adsorpsiyonunda gerçekleşmiştir.

Özer ve Özer (2003), *S. cerevisiae* ile Cr (VI) biyosorpsiyonunu 25-45°C artan sıcaklıkla beraber arttırdığını dikkat çekmiş ve bunun, artan sıcaklığın bazı bölgelerinde moleküller arası çekimi arttırdıklarından kaynaklandığını ileri sürmüştür. Tüm bu optimum sıcaklık değerlerinin aksine çok daha düşük sıcaklık değerleriyle çalışmış Zhao ve Duncan (1998) formaldehit ile immobilize ettikleri *S. cerevisiae* biyokütleleri için 4 °C'nin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Yaptığımız bu çalışmada 30°C'de en yüksek biyosorpsiyonun gerçekleştiği tespit edilmiştir. Su sıcaklığının 30°C den yüksek veya düşük olması adsorplanan boyar madde miktarında kısmen azalmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple 30°C' de yapılacak deneylerin hem enerji hem de zaman kazanımı bakımından uygun olduğu anlaşılmıştır.

pH etkisini belirlemek amacıyla çalışılan deneylerde pH'nın biyosorpsiyonda çok önemli bir etken olduğu anlaşılmıştır. Geçmiş çalışmalarda hafif asidik pH değerlerin metal adsorpsiyonu için daha uygun olduğu belirtilmiştir (Özer ve Özer, 2003).

Aksu ve so lu (2007), Gemazol turkuaz Blue-G reaktif boyası ve bakır (II) iyonlarının eker kamı posasına biyosorpsiyonunu çalışmış ve boyarmadde ve bakır(II) için en yüksek giderimleri boyarmadde için pH=2.0, bakır(II) için pH= 4.0' te elde etmişlerdir. Gemazol turkuaz Blue-G reaktif boyası ve bakır (II) iyonlarının eker kamı posasına optimum pH'larda, boyarmaddenin bakıra oranla daha fazla adsorplandığını gözlemlenmiştir. Ayrıca ortamda bakır iyonlarının bulunması Gemazol turkuaz Blue-G reaktif boyasının gideriminde artırıcı bir etki gösterdiği, ortamda Gemazol turkuaz Blue-G reaktif boyasının bulunması bakır(II) gideriminde azaltıcı etki gösterdiğini belirtmişlerdir (Aksu, 2007).

Reaktif tekstil boyalarının (Remazol blue, Reactive black ve Reactive red) *Candida tropicalis* tarafından biyoakümüülasyonu başlangıç pH'sı ve boyarmadde konsantrasyonunun optimum pH test edilen boyalar için 3.0 bulunmuş ve biyoakümüülasyon yüzdesinin azalan

boyarmadde konsantrasyonu ile artmış gözlemlenmiştir (Dönmez, 2002).

Remazol Navy Blue suda çözününce 7.6 - 7.9 aralığında bir pH değerine sahiptir. Bu pH değerinde gerçekleşen deneyde %50'nin altında bir tutunma gözlemlenmiş pH düşürüldükçe tutunan boyar madde miktarında artış gözlemlenmiştir. pH 3'te en fazla tutunma gözlemlendiğinden sıcaklık ve konsantrasyon ile ilgili deneyler bu pH'da yapılmıştır. Benzer çalışmalardan Aksu ve Dönmez (2003) tarafından gerçekleştirilen Remazol blue'nun *S. cerevisiae* gibi 9 farklı maya türünü kullanarak bağımlı boyar madde konsantrasyonunu pH 2-6 olarak kullanmışlardır. Acemio lu ve ark. (2010)'nın yaptığı çalışmada *A. wentii* ile metilen mavisi biyosorpsiyon oranı artan pH skalasına (pH 3-10) paralel olarak artış gösterirken Çabuk ve ark. (2007)'nin gerçekleştirdikleri *Saccharomyces cerevisiae* ile Pb<sup>++</sup> giderimi çalışmalarında optimum adsorpsiyonun pH 5' te gerçekleştiğine dikkat çekmişlerdir. Bunun açıklamasını ise çözeltinin artan pH değeriyle ortamdaki protonların azalması ve metal iyonlarının biyosorbent üzerindeki etkin gruplara daha fazla bağlanabilecekleri şeklinde yapmışlardır.

Yapılan bu çalışmada ise pH 2-8 arasındaki değerler denendiği katyonik pH'larda daha düşük biyosorpsiyon oranlarına rastlanmıştır. Optimum pH, 3 olarak belirlenirken pH 2 ve altındaki değerler boyar maddenin renk değeri için sebep olmasından dolayı biyosorpsiyon deneyleri yapılamamıştır. Elde edilen bu sonuç boyanın katyonik karakterde olmasından köken alıp, bazı pH'ya sahip ortamda artan OH iyonlarının boyaya bağlanmasından ve biyosorpsiyon oranının düşürmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple normal pH olan 7,67'nin üzerindeki pH seviyeleri biyosorpsiyonun neredeyse hiç gerçekleşmediği gözlemlendiğinden parametre olarak kullanılmamıştır.

Boyar madde konsantrasyonunun etkisinin incelendiği deneylerde konsantrasyonun önemli bir etken olduğu gözlemlenmiştir. Chen ve ark.(2003) yüksek deri imdeki Red RBN boyasının *A.hydrophila*'nın 8 saatlik inkübasyonu süresinde % 90'dan daha fazlasının giderildiğini belirtmiş ve canlı yeşil algle sentetik azo boyasının giderimi çalışmasında, algal hücrelerin boyaya renginin giderim kapasitelerinin boyaya derinliği ile algal biyokütleyle bağlantılı olduğunu sonucuna varmışlardır. Ayrıca farklı azo boyarmaddelerinin white rot fungus ile giderimi çalışmalarında canlı fungusun seçici olarak boyaları giderdiğini gözlemlenmiştir (Chen, 2003).

*Coriolus versicolor*, aktif çamur bakterisi ve odun külünün adsorbent olarak kullanıldığı bir aktif çamur ünitesinde Everzol Turquoise Blue-G'nin simültane adsorpsiyonu ve biyodegradasyonu araştırılmış, 20 günlük çamur yağı, 200 mg/L boyarmadde, 150 mg/L adsorbent konsantrasyonlarında maksimum yüzde giderim % 82 olarak belirlenmiştir (Kapdan ve Kargı, 2000). *Streptomyces rimosus*'e metilen Blue bazı boyasının biyosorpsiyonunu araştırılmış, 50 mg/L

ba langıç boya deri iminde sıcaklığın 20 °C'de 50 °C'ye artması ile biyosorpsiyon kapasitesinin 9.86'dan 6.93 mg/g'a düştüğü belirlenmiştir (Nacera ve Aicha, 2006).

Aksu ve Dönmez (2003) biyosorpsiyon deneylerinde farklı bazı organik asitlerde ön muamele ettikleri mayalarla 100-400 mg/L Remazol Blue konsantrasyonlarını kullanmışlardır. *S. cerevisiae* için 100 mg/L konsantrasyon için 90 mg/g oranında bir boya giderimi elde etmişlerdir. Burada önmuamele biyosorbentin adsorplama kapasitesini arttırsada ek maliyet getirdiği için kısıtlılıklar olacaktır. Deneyde 200 mg/L konsantrasyon da *S. cerevisiae* için 15. Dk %69 boya gideriminin olduğunu göstermişlerdir.

Yaptığımız çalışmalarda boyar maddenin konsantrasyonu arttıkça sulu çözeltiden giderimi sulu boyar madde miktarında biyosorbent yüzeyine oransal olarak tedricen artmaktadır. En düşük ve en yüksek konsantrasyonda boyarmadde çözelti ortamından tamamen uzaklaştırılmaktadır. Bunun nedeni ortamda biyosorbent yüzeyi ile çözünen boyarmadde arasında olan iyon dengesidir. 10 mg/L olan deneyde *S. cerevisiae* ilk birkaç dk içinde ortamdan hemen hemen tamamını adsorpladığı gözlenmiştir, ancak su kıvamına gelen ortamda bir süre çalkalanan maya boyayı kısmen ortama bırakmıştır. Bunun sebebi boyanın ortamda serbestçe hareketinden ve su moleküllerinin biyomas hücre duvarlarında iyon derimiyle olan bariyerlerden dolayı adsorpsiyonu azaltmaları olarak düşünülmektedir (Banks ve Parkinson, 1992; Fu ve Viraraghavan, 2001). Boyar maddenin 25-150 mg/L'lik konsantrasyonlarda yapılan deneysel çalışmalarda bu durum kısmen gözlenirse de toplam biyosorpsiyonun % olarak miktarında ciddi bir fark göstermemiştir. Ancak 150 mg/L çözeltide maya maksimum adsorpsiyon değerine ulaştığı gözlenmiştir, 60 dk'lık deneyin son 30 dk'sında hemen hemen dengeye ulaşmıştır. Ortamdaki boyarmaddenin tamamen adsorplanmamasının nedeni olarak biyosorbent yüzeyinde bulunan fonksiyonel grupların sahip oldukları elektrostatik çekim gücü ile suda çözünen boyarmadde moleküllerini arasındaki çekim gücünün dengeye ulaşmasıyla tüm konsantrasyon parametrelerinde ortamda çok az da olsa 1-10 mg/L arasında de i oranlarda boyar madde kalmıştır. Denge anında Remazol Navy Blue tekstil boyarmaddesi *S. cerevisiae* biyosorbenti yüzeyine 100 mg/L konsantrasyondaki çözelti ortamında ilk 15 dk'da %96,89 oranında adsorplanmıştır. 150 mg/L konsantrasyonda gerçekleştirilen deneylerde oluşan maksimum biyosorpsiyon kapasitesi 73,4 mg/g olarak gerçekleşmiştir.

Bu çalışmada kullanılan RNB boyar maddesinin sulu ortamda *Saccharomyces cerevisiae* kullanılarak biyosorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılmasında başarılı sonuçlar alınmıştır (150 mg/L RNB boya langıç konsantrasyonu için % 97,94 oranında giderim). Çalışma sonucunda boyar maddelerle kirlenen atık suların giderilmesinde *S. cerevisiae*'nin adsorbent

olarak kullanılmasının yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Acemio lu, B., Kertmen, M., Dı rak, M., Alma, M.H. 2010. Use of *Aspergillus wentii* for Biosorption of Methylene Blue from Aqueous Solution. African Journal of Biotechnology. 9: 874-881.
- Aksu, Z. 2003. Reactive Dye Bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. Process Biochemistry, 38:1437-1444.
- Aksu, Z., Dönmez, G., 2003. A Comparative Study on the Biosorption Characteristics of Some Yeasts For Remazol Blue Reactive Dye. Chemosphere 50:1075-1083.
- Aksu, Z., Ca atay, S.S. 2006. Investigation of Biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G Reactive Dye by Dried *Rhizopus arrhizus* in Batch and Continuous Systems. Separation and Purification Technology, 48:24-35.
- Aksu, Z., Tezer, S. 2005. Biosorption of Reactive Dyes on the Green Alga *Chlorella vulgaris*. Process Biochemistry, 40: 1347-1361.
- Aksu, Z., so lu, A. 2007. Use of Dried Sugar Beet Pulp for Binary Biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G Reactive Dye And Copper (II) ions: Equilibrium Modelling. Chemical Engineering Journal, 127: 177-188.
- Banks, C.J., Parkinson, M.E., 1992. The Mechanism and Application of Fungal Biosorption to Colour Removal From Raw Water. J. Chem. Technol. Biotechnol. 54, 192-196.
- Banat, IM., Singh, P., Marchant, R. 1996. Microbial Decolorization of Textile-Dye-Containing Effluents: a Review. Bioresource Technology, 58:217-227.
- Chen, K.C., Wu, J.Y., Liou, D.J., Hwang, S.C.J. 2003. Decolorization of the Textile Dyes by Newly Isolated Bacterial Strains. Journal of Biotechnology. 101: 57-68.
- Çabuk, A., Akar, T., Kotluk, Z., a maz, S. 2007. *Saccharomyces cerevisiae* Hücreleri ile A rır Metal Giderimi ve Metal Toleransı, Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi 3: 1-7
- Dönmez, G. 2002. Bioaccumulation of Reactive Dyes by *Candida tropicalis* Growing in Molasses Medium. Enzyme Microbiology Technology. 30: 363-6.
- Erdem, E., Çölgeçen, G., Donat, R., 2005. The Removal of Textile Dyes by Diatomite Earth. Journal of Colloid and Interface Science, 282: 314-319.
- Freundlich, H. 1907. Ueber die Adsorption in Loesungen. Zeitschrift für Physikalische Chemie. 57: 385-470.
- Fu, Y., Viraraghavan, T. 2001. Fungal Decolorization of Wastewater: a review. Bioresource Technology. 79: 251-262.

- Geçgel, C. 2009 Reactive Blue 4 ve Bakır (II) iyonlarının Tekli ve Çoklu Karışımlarının *Ulva rigida*'ya Biyosorpsiyonunun Araştırılması. MÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 123 s.
- Kapdan, K., Kargı F. 2000. Atıksulardan Tekstil Boyar Maddelerinin Adsorpsiyonlu Biyolojik Arıtım ile Giderimi", Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 24: 161-169.
- Langmuir, I. 1918. The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. Journal of the American Chemical Society, 40 (9):1361-1403.
- Liu, Y., Cao, Q., Luo, F., Chen, J. 2008. Biosorption of Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> And Zn<sup>2+</sup> Ions From Aqueous Solutions by Pretreated Biomass of Brown Algae. Journal of Hazardous Materials, 163: 931-938.
- Nacera, Y., Aicha, B. 2006. Equilibrium and Kinetic Modelling of Methylene Blue Biosorption by Pretreated Dead *Streptomyces rimosus*: Effect of Temperature. Chemical Engineering Journal, 119: 121-125.
- Özer, A., Özer, D. 2003. Comparative Study of the Biosorption of Pb (II), Ni (II) and Cr (VI) Ions on to *S. cerevisiae*: Determination of Biosorption Heats. Journal of Hazardous Material. 100:219-29.
- Shumate, S.E. 1978. Microbial Uptake of Uranium, Cesium and Radium. Chemical Technology Division Oak Ridge National Laboratory Yüksek Lisans Tezi, 35.
- Sing, L.L., Wan, L.C., Siew, M.P. 2010. Use of *Chlorella vulgaris* for Bioremediation of Textile Wastewater Bioresource Technology. 101: 7314-7322.
- Suh, J.H., Kim, D.S., Yung, J.W., Song, S.K. 1998. Process of Pb<sup>2+</sup> Accumulation in *Saccharomyces cerevisiae*. Biotechnology Letters, Vol 20: 153-156
- Tezer, S. 2002. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Yer Alan Reaktif Boyaların Biyosorpsiyonunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Zhao, M., Duncan, J.R., 1998. Column Sorption of Cr (VI) from Electroplating Effluent Using Formaldehyde Cross-Linked *Saccharomyces cerevisiae*. 20:6, 603-606.