

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

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

<sup>1</sup>KSÜ, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>2</sup>KSÜ, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>3</sup>Siirt Üniversitesi, Sağlık Yüksek Okulu Hemşirelik Bölümü, Siirt

**Geliş Tarihi (Received) : 05.04.2012**

**Kabul Tarihi (Accepted) : 03.07.2012**

**Özet:** Çeşitli sanayi kuruluşlarının neden olduğu boyar madde kirlilikleri, çevreyi olumsuz yönde etkilemekte ve özellikle insan sağlığını tehdit etmektedir. Günümüzde bu tür çevresel problemler önemli bir yer teşkil ederken, bu amaçla birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada *Saccharomyces cerevisiae* ile Remazol Turkuaz Blue (RTB)'nin adsorpsiyon tekniği ile giderilmesi araştırılmıştır. Bu amaçla, boyar madde konsantrasyonu, pH ve sıcaklığın adsorpsiyon üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda RTB boyar maddesinin 30 °C'de en yüksek oranda giderildiği görülmüştür (30 dk'da %95,48). Optimum pH belirlenmesinde, maksimum biyosorpsiyonun pH 3'de %95,48 (30 dk) olarak belirlenmiştir. Bir gram maya, 150 mg/L boyar madde içeren ortamda maksimum 61.51 mg/g RTB adsorbılabildiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Remazol Turkuaz Blue, Biyosorpsiyon, *S. cerevisiae*,

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

**Abstract:** Dye contaminants pollution caused by a variety of industries negatively affects the environment and threatens especially human health. Nowadays, these kind of problems constitute an important place therefore many studies are undertaken only for this purpose. In this study; *S. cerevisiae* was used to as a biosorbent for removal of Remazol Turquoise Blue (RTB) 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 RTB adsorption. In optimum pH experiments, it is determined that maximum biosorption was occurred at pH 3 value at ratio of %95.48(30 dk). The optimum conditions for dye concentrations was obtained for 150 mg/L solution and it is indicated that 1 gr yeast could maximum adsorb 61.51 mg/g RTB dye.

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

#### **GİRİŞ**

Günümüzde teknolojinin gelişmesi, nüfus artışı gibi etkenlerden dolayı su kaynakları olan dereler, göller ve yeraltı suları ağırlıklı olarak kirlenme ile yüz yüze kalmaktadır. Atık sularındaki kimyasal maddeler ve organik bileşikler suda çözünmüş olan oksijenin miktarının azalmasına sebep olur. Bu da suda yaşayan bitki ve hayvanların ölüm oranlarını artırmaktadır. Bu tür sular daha koyu renge ve pis kokuya sahiptir. Hatta bazı göller veya derelerde ağırlıklı kirlilik, canlı yaşamı sona erdirmektedir. (Engül ve Küçükgül, 1990).

Atıklar, kirlilikci elemanları oluşturmakta ve insan sağlığına zararlı, hayvan, bitki ve doğal kaynak rezervleri üzerine olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Çevre kirliliğinin en önemli parçası ise su kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır (Alagöl, 1981).

Tekstil endüstrilerinden alıcı ortama bırakılan atık sular, çevresel açıdan oldukça önemli sorunlara yol açmaktadır. Çeşitli organik ve inorganik maddeler, boyar maddeler, ağır metaller, çözünmüş tuzlar içeren ve değişik pH'larda olduğu ortama verilen atık sular birinci dereceden çevre kirlilikci unsurları olarak nitelendirilmektedirler. Bu unsurların, ortamdaki organik geçirgenliğini azaltmaları nedeniyle ortamdaki bitkilerin fotosentez hızları ve oksijen üretimleri düşmektedir. kincil bir etki olarak da kullanılan boyar maddelerin

belirli derinliklerinde bulunması suda yaşayan canlıların özellikle balıkların zehirlenmesine yol açmaktadır. (Erdem ve ark., 2005).

Tekstilden elde edilen boya atıkları boya maddeleriyle etkileşime girmek zorundadır. Bu da suyun canlı vücudu ile etkileşimi ve partiküller olarak gittikçe artan toksisite ve kanserojenik bakımından bir halk sorunu haline gelmektedir (Banat ve ark., 1996). Türkiye'de reaktif boyarmadde tüketimi yılda yaklaşık 5700 ton dolayındadır (Tezer, 2002). Günümüzde reaktif boyarmaddelerin arıtımında 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 kirliletmeyen yeni yöntemlerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır (Aksu ve Cagatay, 2006).

Adsorpsiyon, birçok doğal fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçte önem taşımaktadır. Ayrıca adsorpsiyon prosesi, atık sularındaki organik ve kimyasal kirlilikçilerin uygun bir katı yüzey üzerine tutularak giderilmesi sürecinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Son yıllarda konu ile ilgili yapılan çalışmalar, boyarmaddelerin adsorpsiyonunda daha ucuz sorbentlerin araştırılmasına yöneliktir. Bu kapsamda

\*Bu çalışma TÜBİTAK-BİDEB tarafından desteklenmiştir.  
Sorumlu yazar: Halipçi, H.N., hnrhalipci@gmail.com

biyosorpsiyon olarak da adlandırılan biyolojik materyaller kullanılarak atık suların arıtılması i lemi konusunda çalı malar yapılmaktadır (Aksu, 2003).

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

Benzer çalı malar devam etmi Tsezos ve arkadaşları, Uranyum ve Toryum adsorpsiyonunda de i ik türde mikroorganizmalar kullanarak, farklı sıcaklık ve pH de erlerinde adsorpsiyon izotermelerini çıkarmı , sonuçları aktif karbon ve iyon de i tirici reçineler ile yapılan adsorpsiyon çalı malarıyla kar ıla tırmı ve mikroorganizmaların daha etkin adsorptif özelliklere sahip olduklarını göstermi lerdir (Tsezos ve Volesky, 1981).

Suh ve arkadaşları, canlı ve ölü *Saccharomyces cerevisiae* biyomasına  $Pb^{++}$  iyonlarının tutunmasını incelemi lerdir. Canlı hücrelerin, ölü hücrelere göre  $Pb^{++}$  tutma kapasitelerinin daha yüksek oldu unu ve iyon tutunmasının ise ölü hücrelerde daha hızlı gerçekte ti ini belirtmi lerdir (Suh ve ark., 1998). Çabuk ve arkadaşlarının yapımı oldu u çalı mada *Saccharomyces cerevisiae* biyomasını  $Pb^{++}$  giderimi için kullanımı ve optimum adsorpsiyonun pH 5'te gerçekte ti ine dikkat çekmi lerdir. Bunun açıklamasını ise çözeltinin artan pH de eriyle ortamdaki protonların azalması ve metal iyonlarının biyosorbent üzerindeki etkin gruplara daha fazla ba lanabilecekleri ekinde yapımı lardır (Çabuk ve ark., 2007).

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

Bu çalı mada gerçekte tirilmesi hedeflenen, Ülkemizde en fazla kullanılan reaktif boyalardan biri olan Remazol Turkuaz Blue'nun *S. Cerevisiae* ile adsorpsiyonunu optimum ko ullarda sa lamak ve çalı manın izoterm modellerine uyumlulu u konusunda ara tırma yapmaktır.

### Materyal ve Metot

#### *Saccharomyces cerevisiae* Biyoması

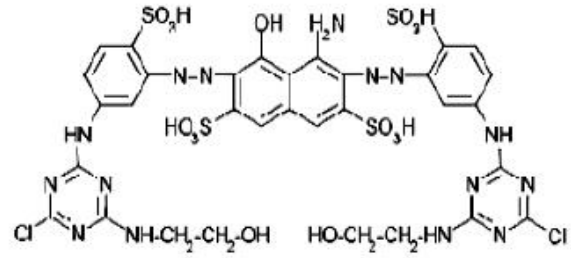
*S. cerevisiae* biyoması Sabourud Dekstrozo Broth ortamında üretilmi tir. (Özçelik, 1998). Geli en mayalar santrifüj yolu ile ortamdaki alını ve 80°C'de 6 sa kurutulduktan sonra toz haline getirilerek biyosorpsiyon çalı malarında kullanılmı tir (Akar ve Tunali, 2006).

### Biyosorbent ve Üretim Ko ulları

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

### Boyar Madde

Bu çalı mada adsorbat olarak, DYESTAR firmasının ticari amaçla üretilmi oldu u reaktif bir tekstil boyar maddesi olan Remazol Turkuaz Blue, K PA A. 'den temin edilerek kullanılmı tir.



ekil 1. RTB Boyar Maddesinin Kimyasal Yapısı

### Biyosorpsiyon Deneyinin Uygulanımı

Bu amaçla öncelikle, boyar maddenin saf su ile stok çözeltileri hazırlanımı tir. Bu çözeltilerden istenilen konsantrasyonlarda çalı ma çözeltileri ayarlanıp (konsantrasyonlar 10-150 ppm arası) ve bu çözeltilerden 50'er mL alınarak 0.1 gr toz halindeki maya tartılmı çalkalayıcı su banyosunda 1-60 dk arası süre ile optimizasyon çalı ması yapılmı tir,

Daha sonra farklı sıcaklık (20- 60°C arası), farklı pH (3-7 arası) ve ba langıç konsantrasyonu (10-150 mg/L arası)'nunda biyosorbsiyon çalı maları, çalkalamalı su banyosunda 150 rpm/dk hızı sabit tutularak yapılmı tir. Gerçekte en biyosorbsiyon oranı, örnekler kesikli sistemden alındıktan sonra 5000 rpm/dk santrifüj edilip, Remazol Turkuaz Blue için 660 nm'de UV-vis spektrofotometrede (Perkin Elmer, UK) ölçülmü tür (Karabayır, 2004; Kaushik ve Malik, 2009).

### Boyar Madde Miktarının Hesaplanması

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

$$q_e(x/m) = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{W} \quad (1)$$

Burada,

$q_e$  = Adsorbentin birim a ırlı ı ba ına tuttu u madde miktarı (mg/g)

$x$  = Adsorplanan maddenin kütlesi (mg)

$m$  = Adsorbentın kütlesi (mg)

$C_0$  = Boyar maddenin başlangıç konsantrasyonu (mg/L)

$C_e$  = Adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan boyar madde konsantrasyonu (mg/L)

$V$  = Kullanılan çözelti hacmi (L)

$W$  = Kullanılan adsorbentın miktarı (g)

#### Langmuir zoteremi,

$$C_e/Q_e = 1/Q_0b + C_e/Q_0 \quad (2)$$

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 adsorbentın gramı başına adsorplanan boyar maddenin mg/g olarak miktarı.  $Q_0$  adsorbentın kapasitesi,  $b$  ise prosesin enerjisidir (Langmuir, 1918).

#### Freundlich zoteremi

$$Q_e = x/m = k C_e^{1/n} \quad (3)$$

eklinde ifade edilir ve bu ifadenin lineer hali,

$$\ln Q_e = \ln x/m = \ln k + 1/n \ln C_e \quad (4)$$

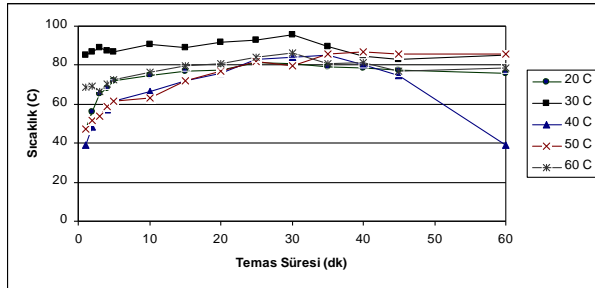
Buna göre,  $\ln k - \ln C_e$  grafiği çizilerek  $k$  ve  $n$  değerleri hesaplanır. Burada  $k$  adsorpsiyon kapasitesi,  $n$  ise adsorpsiyon iddetidir (Freundlich, 1907).

### BULGULAR

Remazol Turkuaz Blue ile yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

#### Biyosorpsiyona Sıcaklığın Etkisi

Deney sürelerinin belirlenmesi için ön çalışmalar gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda deney süreleri 60 dk olarak belirlenmiştir. Biyosorpsiyona sıcaklık etkisi ile ilgili deneyler 20-60 °C'de aralıktır ve gerçekleştirilmiş olup elde edilen bulgular ekil 2'de gösterilmiştir.



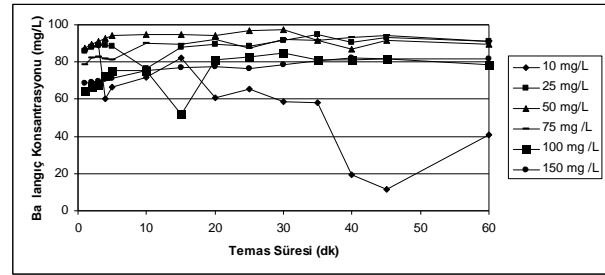
ekil 2. Remazol Turkuaz Blue'nun *S. cerevisiae* ile Biyosorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi

20-60°C aralıktaki sıcaklıklarda gerçekleştirilen deneylerde biyosorpsiyonun sıcaklıkla değişimi gösterdiği anlaşılmıştır. 20°C'de yapılan en yüksek biyosorpsiyon 25. dk'da %81.26 olarak gözlemlenmiştir. 30°C'deki deneyde en yüksek biyosorpsiyon 30. dk'da %95.48 olarak tespit edilmiştir. 40°C'de yapılan biyosorpsiyon çalışmasındaki sonuçlar incelendiğinde en iyi sonuç 35. dk'da %85.27 olarak bulunmuştur. 50°C'de gerçekleştirilen çalışmada elde edilen bulgular da benzer şekilde değerlendirilmiştir.

irdelendiğinde biyosorpsiyonun en yüksek değerin 40. dk'da %86.70 olarak gerçekleştiği görülmüştür. 60°C'de yapılan deneydeki bulgular incelendiğinde biyosorpsiyonun en yüksek değerin 30. dk'da %86.38 olarak görülmüştür.

#### Biyosorpsiyona Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi

Bu bölümde *Saccharomyces cerevisiae* üzerine Remazol Turkuaz Blue Boyar maddesinin biyosorpsiyonuna boyar konsantrasyonunun etkisi araştırılmıştır. Buna bağlı olarak 10-150 mg/L'lik aralıktaki konsantrasyonlarda boyar madde çözeltileri hazırlanarak çalışılmış ve elde edilen bulgular ekil 3'te gösterilmiştir.

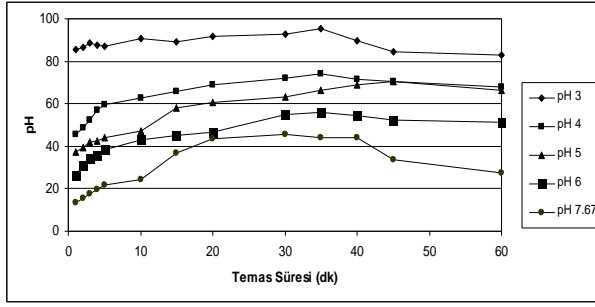


ekil 3. Remazol Turkuaz Blue konsantrasyonunun, *S. cerevisiae* ile biyosorpsiyonu üzerine etkisi

Grafikteki deneysel bulgulara göre biyosorpsiyonun 10 mg/L boya konsantrasyonundaki en iyi sonuç 3. dk'da %89.01 olarak görülmüştür. 25 mg/L'lik boyar madde kullanılarak yapılan deneyde en iyi sonuç 35. dk'da %94.51 olarak bulunmuştur. 50 mg/L boyar madde konsantrasyonu kullanılan deneyde *S. cerevisiae* biyosorbenti üzerine adsorplanan en yüksek miktar 30. dk'da %97.14 olarak tespit edilmiştir. 75 mg/L boyar madde bulunan deneyde biyosorbent üzerine adsorplanan en yüksek miktar 45. dk'da %91.98 olarak görülmüştür. 100 mg/L'lik boyar madde çözeltisi kullanılarak yapılan deneysel çalışmada biyosorpsiyonun en yüksek olduğu miktarın 30. dk'da %84.84 olduğu elde edilmiştir. 150 mg/L'lik boyar madde kullanılan deneyde ise biyosorpsiyonun en iyi olduğu değerin 40. dk'da %82.06 olduğu gözlemlenmiştir.

#### Biyosorpsiyona pH'nın Etkisi

*Saccharomyces cerevisiae* üzerine Remazol Turkuaz Blue boyar maddesinin biyosorpsiyonuna pH'nın etkisinin bakıldığı deneysel çalışmada elde edilen bulgular ekil 4'te gösterilmiştir.

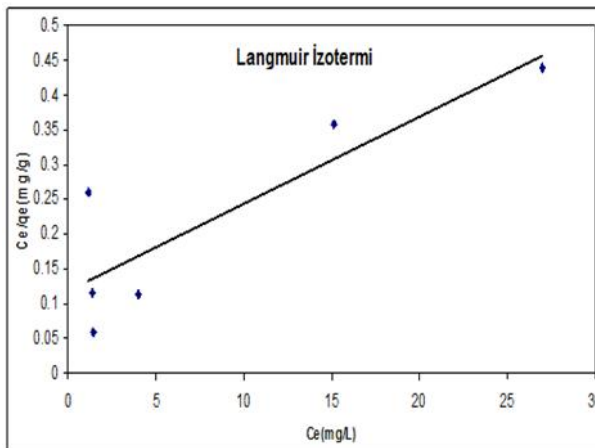


ekil 4. Remazol Turkuaz Blue pH'sının, *S. cerevisiae* le Biyosorpsiyonuna Etkisi

Deneylerde pH de eri olarak 3, 4, 5, 6 ve normal pH de erleri kullanılmı tir. pH yükseldikçe biyosorpsiyonu azaldı ı gözlendi inden pH üst olarak normal pH de eri (pH 7) kabul edilmi tir. Çizelgedeki de erler incelendi inde pH 3'te en yüksek biyosorpsiyon 3. dk'da %95.48 olarak gözlenmi tir. pH 4'te en yüksek biyosorpsiyon 30. dk'da %73.87 olarak tespit edilmi tir. pH 5'te gerçekte tirilen biyosorpsiyon deneyinde *S.cerevisiae* üzerine adsorplanan boyar madde miktarının en fazla 40. dk'da %70.43 oldu u gözlenmi tir. pH 6'da yapılan deneyinde en iyi sonucun 30. dk'da %56.13 oldu u gözlenmi tir. pH 7.67'de ise biyosorpsiyonun en yüksek de erin 25. dk'da %45.71'lik oldu u tespit edilmi tir.

#### RTB için Biyosorpsiyon zotermi

ekil 5' teki grafi e göre Remazol Turkuaz Blue boyar maddesinin *S. cerevisiae* üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyon de erleri analiz edildi inde Langmuir izotemine %75' lik bir uyum gerçekte ti i tespit edilmi tir. Bu da yüzeyin kısmen tabaka halinde kaplandı mı ifade etmektedir.

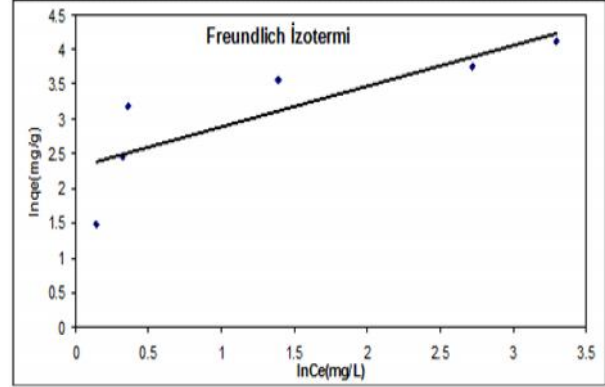


ekil 5. Remazol Turkuaz Blue'nun *S. cerevisiae* Üzerine Biyosorpsiyonunun Langmuir zotermi (pH 3, 30 °C, R<sup>2</sup>=0,75)

ekil 6' da Remazol Turkuaz Blue boyar maddesinin *S. cerevisiae* üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyon de erleri analiz edildi inde ise Freundlich izotermine %70'lik bir uyum gerçekte ti i gözlenmi tir. Bu da

yüzeyin yer yer bazı kısımlarının aktif ekilde adsorplama özelli inin oldu unu ifade etmektedir. Ancak her iki izoterme de tam uyum söz konusu de ildir.

Grafikler; pH 3, sıcaklık 30°C'deki de erler dikkate alınarak olu turulmu tur.



ekil 6. Remazol Turkuaz Blue'nun *S. cerevisiae* Üzerine Biyosorpsiyonunun Freundlich zotermi (pH 3, 30 °C, R<sup>2</sup>=0,75)

#### SONUÇ ve TARTI MA

*Saccharomyces cerevisiae* maya biyosorbentine Remazol Turkuaz Blue tekstil boyar maddelerinin biyosorpsiyonunda sıcaklı ın önemli bir etkisinin oldu u gözlenmi tir.

Yapılan çalı ma sonuçları oldukça de i ken olmakla birlikte; 15-40 °C'lik skalada Pb(II), Ni(II) ve Cr(VI) a ır metal iyonlarının *S. cerevisiae* ile biyosorpsiyonlarında maksimum dengelenme kapasitesi 25 °C'ye ula mı tir. 25-40°C arasında ise biyosorpsiyon oranında dü ü oldu u saptanmı ve nedeni ise biyokütlenin aktif ba lanma bölgelerinde olu an sıcaklık kaynaklı tahribat oldu u kanısına varılmı tir (Brady ve Duncan, 1994). Bununla birlikte Özer ve ark.'ları (Özer ve Özer, 2003) ise *S. cerevisiae* ile Cr (VI) biyosorpsiyonunu 25-45°C artan sıcaklıkla beraber arttı ına dikkat çekmi ve bunun, artan sıcaklı ın ba lanma bölgelerinde moleküller arası çekimi arttırdıklarından kaynaklandı mı ileri sürmü lerdir. Tüm bu optimum sıcaklık de erlerinin aksine çok daha dü ük sıcaklık de eriyle çalı an Zhao ve ark. (Zhao ve Duncan, 1998) ise formaldehitte immobilize ettikleri *S. cerevisiae* biyokütleleri için 4 °C'nin daha uygun oldu unu iddia etmi lerdir. . Nacera ve Aicha (2006), *Streptomycesrimosus*'e metilen Blue bazik boyasının biyosorpsiyonunuara tırmı , 50 mg/L ba langıç boya deri iminde sıcaklı ın 20 °C'de 50 °C'ye artması ile biyosorpsiyon kapasitesinin 9.86'dan 6.93 mg/g'a dü tü ünü belirtmi tir.

Yaptı mı z bu çalı mada 30°C'de en yüksek biyosorpsiyonun gerçekte ti i tespit edilmi tir. Su sıcaklı ının 30°C den yüksek veya dü ük olması adsorplanan boyar madde miktarında kısmen azalmalara neden oldu u gözlenmi tir. Bu sebeple 30°C' de

yapılacak deneylerin hem enerji hem de zaman kazanımı bakımından uygun olduğu anlaşılmıştır.

pH etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde pH'nın biyosorpsiyonda çok önemli bir etken olduğu anlaşılmıştır. Geçmiş çalışmalarında hafif asidik pH değerlerinin metal adsorpsiyonu için daha uygun olduğu belirtilmiştir (Özer ve Özer, 2003). Metal alımı ve pH arasındaki ilişkinin bakteriyel hücre duvarındaki çeşitli fonksiyonel gruplara bağlı olduğu dikkat çekilmiştir (Zhao ve Duncan, 1998). Remazol Turkuaz Blue boyası suda çözündüğünde su 7.6-7.8 pH aralığında bir dene sahiptir. Bu pH değerinde gerçekleşen deneyde %50'nin altında bir tutunma gözlenmiştir. pH düşürüldükçe tutunan boyar madde miktarında artışlar gözlenmiştir. pH 3'te en fazla tutunma gözlemlenen sıcaklık ve konsantrasyon ile ilgili deneyler bu pH'da yapılmıştır. Benzer çalışmalardan Acemioğlu ve arkadaşlarının (Acemioğlu ve arkadaşları, 2004) çalışmaları *A. wentii* ile metilen mavisi biyosorpsiyon oranı artan pH skalasına (pH 3-10) paralel olarak artış gösterirken Çabuk ve arkadaşlarının (Çabuk ve arkadaşları, 2007) çalışmaları *Saccharomyces cerevisiae* ile  $Pb^{++}$  giderimi çalışmalarında optimum adsorpsiyonun pH 5'te gerçekleştiğine dikkat çekmiştir. Bunun açıklamasını ise çözeltinin artan pH değeriyle ortamdaki protonların azalması ve metal iyonlarının biyosorbent üzerindeki etkin gruplara daha fazla bağlanabilecekleri eklinde çalışmalarıdır. Aksu ve arkadaşları (2007), Gemazol turkuaz Blue-G reaktif boyası ve bakır (II) iyonlarının giderimi konusunda biyosorpsiyonunu çalışmaları ve boyarmadde ve bakır (II) için en yüksek giderimleri boyarmadde için pH 2.00, bakır (II) için pH 4.00'te elde etmiştir. Gemazol Turkuaz Blue-G reaktif boyası ve bakır (II) iyonlarının giderimi konusunda optimum pH'larda, boyarmaddenin bakıra oranla daha fazla adsorplandığı 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 belirtmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise pH 2-8 arasındaki deneyler denemi katyonik pH'larda daha düşük biyosorpsiyon oranlarına rastlanmıştır. Optimum pH, 3 olarak belirlenirken pH 2 ve altındaki deneyler boyar maddenin renk değeri nedeniyle sebep olmasından dolayı biyosorpsiyon deneyleri yapılamamıştır. Elde edilen bu sonuç boyanın katyonik karakterde olmasından köken alıp, bazik pH'ya sahip ortamda artan OH<sup>-</sup> iyonlarının boya ile yarışmasından ve biyosorpsiyon oranının düşürülmesinden kaynaklanmaktadır.

Boyar madde konsantrasyonunun etkisinin incelendiği deneylerde konsantrasyonun önemli bir etken olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada altında Gülerentürk ve arkadaşları (Nuhoğlu ve arkadaşları, 2002) *A. niger* biyokütlesini kullanarak çalışmaları oldukları fenol gideriminde biyokütlenin maksimum yükleme kapasitesini 550 mg/L'lik başlangıç fenol

konsantrasyonunda canlı *A. niger* için 30 mg/g olarak bulunmuştur. Bu çalışmada daha yüksek konsantrasyonlar için biyosorpsiyonun, fenolün olası sınırlayıcı etkisinin hücre duvarlarına değil enlerine etkisinden dolayı azaldığı ileri sürülmüştür.

Yapılan çalışmalarda boyar maddenin konsantrasyonu arttıkça biyosorpsiyonda yüzde olarak farklılıklar gözlenirse de adsorplanan boyanın mg olarak miktarında ciddi artış gözlenmiştir. 10 mg/L olan deneyde *S. cerevisiae* ilk birkaç dakika 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 daha fazla gerçekleşen en hidrofobik etkileşimlerinden dolayı adsorpsiyonu azaltmalarıdır. 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 değeri ulaşılmış gözlenmiştir, 60 dk'lık deneyin son 30 dk'sında hemen hemen dengeye ulaşılmış olup 1 gr mayanın yaklaşık 61 mg/g boya adsorplayabildiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan RTB boyar maddesinin sulu ortamda *Saccharomyces cerevisiae* kullanılarak biyosorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılmasında başarılar alınmıştır (150 mg/L RTB başlangıç konsantrasyonu için %82.06 oranında giderim). Çalışma sonucunda boyar maddelerle kirlenen atık suların giderilmesinde *S. cerevisiae*'nin adsorbent olarak kullanılmasının yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Acemioğlu, B., Kertmen, M., Dırak, M., Alma, M.H. 2010. Use of *Aspergillus wentii* for Biosorption of Methylene Blue from Aqueous Solution. African Journal of Biotechnology, 9: 874-881.
- Akar, T., Tunali, S., 2006. Biosorption Characteristic of *Aspergillus flavus* Biomass for Removal of Pb (II) And Cu (II) Ions From an Aqueous Solution. Bioresource Technology, 108:231-237.
- Aksu, Z., Nuhoğlu, A. 2007. Use of Dried Sugar Beet Pulp for Binary Biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G Reactive Dye and Copper (II) Ions: Equilibrium Modeling. Chemical Engineering Journal, 127:177-188.
- Aksu, Z. 2003. Reactive Dye Bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. Process Biochemistry, 38:1437-1444.
- Aksu, Z., Cagatay, 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.

- Alagöl, K. 1981. Çevre Sorunları, Sağlık Bakanlığı Yayınları, 5. Baskı Ankara.
- Banat, IM., Singh, P., Marchant, R. 1996. Microbial Decolorization of Textile-Dye-Containing Effluents: a Review. *Bioresource Technology*, 58:217-227.
- Brady, D., Duncan, J.R. 1994. Bioaccumulation of Metal-Cations by *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 41: 149–154.
- Çabuk, A., Akar, T., Kotluk, Z., Şam, S. 2007. *Saccharomyces cerevisiae* Hücreleri ile Aşırı Metal Giderimi ve Metal Toleransı, *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3: 1-7
- 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 Lösungen. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 57: 385-470.
- Gülerentürk, S., Büyükgüngör, H. 2009. *Aspergillus niger* ile Sucul Ortamdan Fenol Bileşiklerinin Biyosorpsiyonu. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 19 (1-2): 3-14.
- Kaushik, P, A. Malik, 2009. Fungal Dye Decolourization: Recent Advances and Future Potential. *Environmental International*, 35: 127-141.
- Karabayır, G., 2004. Çeşitli Fungus Türlerinin Metal Kompleks Boyalarının Biyosorpsiyonunda Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keskinkan, O., Göksu, M.Z.L., Bağcıbüyük, M., Forster, C.F. 2004. Heavy Metal Adsorption Properties of Submerged Aquatic Plant (*Ceratophyllum demersum*). *Bioresource Technology*, 92:197-200.
- 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.
- 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.
- Nuhulu, Y., Malkoç, E., Gürses, A., Canpolat, N. 2002. The Removal of Cu (II) from Aqueous Solutions by *Ulothrix zonata*. *Bioresource Technology*, 85: 331-333.
- Özçelik, S. 1998. Genel Mikrobiyoloji Laboratuvarı Klavuzu. 2. Baskı. SDÜ Ziraat Fak. Yayın No:1, Isparta.
- Özer, A., Özer, D. 2003. Comparative Study of the Biosorption of Pb (II), Ni (II) and Cr (VI) Ions onto *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*, 20: 153–156.
- Şengül, F., Küçükgül, E.Y. 1990. Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler, 1. Baskı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Tezer, S. 2002. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Yer Alan Reaktif Boyaların Biyosorpsiyonunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Tsezos, M., Volesky, B. 1981. Biosorption of Uranium and Thorium. *Biotechnology and Bioengineering*, 23: 583-604.
- Zhao, M., Duncan, J.R. 1998. Column Sorption of Cr (VI) from Electroplating Effluent Using Formaldehyde Cross-Linked *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Letters*, 20: 603–606.