

## TARIMDA KULLANILAN ATRAZİNİN GİDERİMİNDE *RHIZOPUS ARRHZUS* KULLANIM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Ülküye Dudu Gül<sup>1\*</sup>, Hülya Silah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Gülümbe, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Gülümbe, Bilecik, Türkiye

Geliş tarihi / Received: 20.12.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 02.01.2017

Kabul tarihi / Accepted: 05.01.2017

### Öz

Tarımsal üretiminde kullanılan Atrazinin toprakta oluşan kalıntıları daha sonra yeraltı ve yerüstü sularına taşınmaktadır. Yüksek miktarlarda biriken Atrazin canlı organizmalar için toksik etki oluşturmaktadır. Atrazinle kirlenmiş sulu çevrelerin arıtımı önemli bir konu olmaktadır. Biyobirikim ve biyosorpsiyon bu tür kirleticilerin çevreden gideriminde çevre dostu bir yöntem olarak önerilmektedir. Bu çalışmanın amacı hem besiyerinde gelişmekte olan hem de kurutulmuş fungal biyokütlenin Atrazin giderim kapasitesini belirlemektir. Çalışmada *Rhizopus arrhizus* kültürünün biyobirikim ve biyosorpsiyonla Atrazin giderimine pH değerlerinin etkisi belirlenmiştir. Atrazin analizinde elektrokimyasal yöntem kullanılmıştır. Biyobirikim ve biyosorpsiyon sonunda en iyi Atrazin giderimi sırasıyla pH 4 ve pH 6'da gerçekleşmiştir. Gelişmekte olan *R. arrhizus* kültürü ve kurutulmuş fungal biyokütle sırasıyla %57.45 ve %63.16 Atrazin giderimi gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre fungal biyokütle pestisitlerle kirlenmiş sıvı ortamlardan Atrazin giderimini kısa bir zaman aralığında gerçekleştirebilmiştir. Denemeler tarımsal üretiminde yaygın olarak kullanılan Atrazinin çevreye olumsuz etkilerini azaltmak için alternatif olarak fungal biyokütlenin kullanılabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atrazin, fungus, tarım

## DETERMINATION THE POTENTIAL USAGE OF *RHIZOPUS ARRHZUS* FOR REMOVAL OF ATRAZINE USED IN AGRICULTURE

### Abstract

Atrazine is commonly used in agricultural activities. Atrazine residues occur in soil and then move to underground and surface waters. The higher amount of Atrazine is toxic for living organisms. The treatment of Atrazine contaminated aqueous environment is an important issue. Bioaccumulation and biosorption is suggested as an eco-friendly way to remove this kind of pollutants in the environment. The aim of this study is to determine the Atrazine removal capacity of both growing *Rhizopus arrhizus* culture and dried fungal biomass. The effect of different pH values on Atrazine bioaccumulation and biosorption by *R. arrhizus* culture was determined in this study. Electrochemical methods were used for Atrazine analyse. The optimal pH for Atrazine removal was determined as 4 and 6 for bioaccumulation and biosorption, respectively. The growing *R. arrhizus* culture and dried *R. arrhizus* biomass removed 57.45% and 63.16% of Atrazine, respectively. According to the results of this study the fungal strain was effectively removed Atrazine from pesticide contaminated aqueous solutions in a short time period. This study showed that the fungal systems can be used as alternative ways to reduce negative environmental impact of Atrazine.

**Keywords:** Atrazine, Fungus, agriculture

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ulkuyedudu.gul@bilecik.edu.tr,

☎ (+90) 228 214 1374,

☎ (+90) 228 214 1017

## GİRİŞ

Dünyadaki tüm ülkeler için en önemli besin kaynağını tarım ürünleri oluşturmaktadır. Gün geçtikçe artan nüfusun beslenme ihtiyacının karşılanması amacıyla ürün verimini arttırmak için iyi tarım uygulamaları gündeme gelmiştir. Bu uygulamalar kapsamında ürüne zarar verecek ve verimliliği etkileyecek nitelikteki her tür zararlı ot, bitki ve böceklerin, ürüne zarar vermesinin önüne geçilmek için zirai mücadele çalışmaları yapılmaktadır. Modern tarımsal uygulamalar sentetik pestisitlerin yaygın olarak kullanımına ve gelişimine yol açmıştır (1). Ülkemizde genel olarak az pestisit tüketilmesine karşın, en yoğun tüketilen pestisitler çevre ve sağlık açısından önemli riskler taşımaktadır (2). Dünya genelinde 80'den fazla ülkede gıda üretiminde Atrazin kullanılmaktadır (3). Atrazin yaygın olarak mısır, şeker pancarı ve diğer bitkilerin üretiminde yaprak ve ot oluşumunun seçici kontrolü amacıyla kullanılmaktadır (4). Atrazin suda çözünürlüğü yüksektir (33 mg/L) ve toprağa adsorpsiyon yeteneği düşüktür (5). Bu nedenle Atrazin yüzey, yer altı suları ve içme sularına kolaylıkla karışmaktadır (6). Atrazin sağlığa olumsuz etkilerinin yanısıra akuatik ekosistemler için de zararlıdır. Sağlığa olumsuz etkilerinden biri endokrin sistemi engelleyici rol oynamasıdır. Örneğin yapılan bir çalışmada Atrazin erkek farelerde testosteron üretimini engelleyici rolü gösterilmiştir (7). Ayrıca Atrazin dendrit hücre yüzeyindeki MHC-I leri uzaklaştırmak suretiyle immün hasara neden olmaktadır (8).

Tarımsal uygulamalarda kullanılan pestisitlerin yüzey ve yer üstü sularında yüksek konsantrasyonlarda birikmesi ise önemli sağlık ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle bu pestisitlerin sucul ortamlardan uzaklaştırılması çok önemlidir. Biyolojik arıtım pestisitler gibi organik maddelerin mineralizasyonunda ucuz ve kolay uygulanabilen bir metod olduğu için tercih edilmektedir (9). Son dönemde pestisitlerin biyolojik arıtımına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır (10-12).

Bu çalışmada zirai mücadele uygulamalarında sıklıkla kullanılan ve kullanım sonucunda toprak ve su kirlenmesine neden olan Atrazin biyolojik metodlarla sulu ortamlarda gideriminde *Rhizopus arrhizus* fungusunun kullanım olasılıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla *R. arrhizus* türünün hem gelişmekte olan kültürleri hem de

ölü biyosorbentleri ile yaygın kullanılan Atrazin sulu ortamlardan giderimi araştırılmıştır.

Günümüzde yaygın kullanılan pestisitlerin sulama ve içme sularında, gıda numunelerindeki miktar tayinleri ancak doğru ve güvenilir analitik yöntem ve tekniklerin kullanımıyla mümkündür. Pestisit tayininde HPLC ve GC gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (13) ancak literatürde elektrokimyasal analiz yöntemleri ile ilgili pek az bilgi bulunmaktadır.

Çalışmada tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan ve sucul ortamlarda yüksek konsantrasyonlarda biriktiğinde ciddi sağlık problemlerine yol açan, akuatik ekosistemlere zarar veren Atrazin sızı ortamlardan filamentli mantar türü kullanılarak giderilmesi araştırılmıştır. Denemelerde elektrokimyasal analiz yöntemleri kullanılarak Atrazin tayini yapılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Mikroorganizma Kültürü

Bu çalışmada Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan *R. arrhizus* saf kültürleri kullanılmıştır. Saf kültürler patates dekstroz agar bulunan tüplere ekilmiş olup buzdolabında +4 °C'de saklanmak suretiyle muhafaza edilmektedir.

### Besiyeri

Bu çalışmada maliyeti düşürmek ve çevre kirliliğine neden olan diğer bir atık maddenin değerlendirilmesi amacıyla Eskişehir şeker fabrikası atığı olan melas kullanılmıştır. Melaslı Besiyeri içeriği: 1.0 g/L (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.5 g/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Melas Çözeltisi (yaklaşık 10 g/L sükröza denk miktarda) (14).

### Pestisit Solüsyonu Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan stok Atrazin solüsyonu 1000 mg/mL'lik stok çözeltisi %25 metanol-%75 saf su içeren ortamda hazırlanmıştır. Hazırlanan stok çözelti 4°C'de buzdolabında saklandı. Bu stok solüsyondan istenilen miktarlar gelişmekte olan mikroorganizmalarla yapılan deneyler için melaslı besiyerine eklendi. Biyosorpsiyon çalışmalarında ise distile su bulunan ortama eklendi. Çalışmada kullanılan pestisit ile ilgili detaylı bilgi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Atrazinin özellikleri  
Table 1. The properties of Atrazine used in this study

Pestisit Adı	IUPAC ismi	Molekül Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)
Atrazin/Atrazine	1-Chloro-3-ethylamino-5-isopropylamino-2,4,6-triazine	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> CIN <sub>5</sub>	215.68

### Pestisit Giderim Deneyleri

Çalışmalarda mikrobiyel giderimde rol alan iki mekanizma denenmiştir. İlk olarak besiyerinde gelişmekte olan canlı mikroorganizmaların biyogiderim yeteneklerine bakılmıştır. Daha sonra ölü kurutulmuş mikroorganizmalarla biyosorpsiyon deneyleri yapılmıştır.

### Besiyerinde Gelişmekte Olan *R. arrhizus* Kültür Koşulları

Çalışmalarda 250 ml'lik erlenlerde 100 ml melaslı besiyerinde gelişmekte olan mikroorganizma kültür ortamının pH'ı ayarlandıktan sonra istenilen miktarda Atrazin eklendi. Besiyerine inokule edilen *R. arrhizus* kültürü inkübatörde (Nüve EN 120) inkübasyona bırakıldı. Çalışmada mikroorganizma bulunmayan, aynı miktarda pestisit içeren besiyerleri kontrol amacıyla kullanılmıştır.

### Biyosorpsiyon Çalışmaları için Biyokütle Hazırlanması

Çalışmada tüplerde 5 ml melaslı besiyerinde (pH: 5) 2 günde 30 °C'de inkübatörde (Nüve EN 120) geliştirilen *R. arrhizus* biyokütlesinin tamamı steril koşullarda pH'sı 5'e ayarlanmış 250 ml'lik erlen içerisindeki 100 ml melaslı besiyerine transfer edildi. 10 gün boyunca 30 °C'de inkübatörde geliştirildi. Biyokütle inkübasyon süresi sonunda besiyerinden hasatlanıp, %1'lik formaldehitte muamele edildikten sonra 80 °C'de 24 saatte etüvde bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulmuş örnekler mikserde öğütüldükten sonra elekten geçirilerek kullanılmıştır. Elde edilen biyokütle pestisit ve ditile su içeren 250 ml'lik erlenlere 1 g/L olacak şekilde eklenerek pestisit giderim deneyleri yapılmıştır.

### Pestisit Gideriminde Optimal Koşulların Belirlenmesi

Mikroorganizmaların pestisit giderim kapasitesi günlük alınan pestisit içeren besiyeri ortamındaki pestisit miktarları Atrazin için elektrokimyasal olarak belirlendi. Mikrobiyel pestisit giderimine

optimal pH ve pestisit konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Besiyerinde gelişmekte olan mikroorganizmaların pestisit giderimine pH etkisinin belirlenmesi için 250 ml'lik erlenlerde 100 ml sıvı besiyeri hazırlanarak pH'sı 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 olarak ayarlanmıştır. Biyosorpsiyon deneylerinde ise 200 ml saf suda farklı 2, 4, 6, 8 ve 10 gibi farklı pH değerleri denenmiştir. Bu değerler arasında en uygun pH belirlenmiştir. Biyosorpsiyon deneylerinde ayrıca 5, 10, 15, 30 ve 50 mg/L pestisit konsantrasyonlarının etkisi araştırılmıştır.

### Atrazin Tayin Yöntemi

Atrazin miktarının analizleri için CompactStat Potentiostat ve C3\_Cell\_Stand (Potansiyotat)/IVIUM- BASI isimli cihaz kullanılmıştır. Sulu ortamlardan alınan numunelerin analiz edilmesi sonucu elde edilen voltagramlardaki pik akımlarındaki azalış takip edilerek yüzde giderim hesaplamaları yapılmıştır. Atrazin analizi için yöntem geliştirmek amacıyla sıvı numunelerdeki Atrazinin elektrokimyasal tayininde pH taraması için Britton Robinson tamponu (BRT) hazırlandı. BRT için 2.7 mL fosforik asit, 2.3 mL asetik asit ve 2.5 gram borik asit 1 L saf suda çözülerek stok tampon çözelti hazırlandı. Daha sonra bu stok çözeltiden 100 mL alınarak üzerine damla damla 0.1 M HCl eklenerek pH 2 ve yine 100 er mL alınıp üzerine damla damla 0.1 M NaOH eklenerek pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 hazırlandı. Stok Atrazin çözeltisi 2000 mg/L Atrazin içerecek şekilde metanolde çözülerek hazırlandı. pH taraması için öncelikle hücreye 10 mL pH 2 BRT tamponu eklendi ve kare dalga yöntemi ile voltamogramı kaydedildi. Daha sonra standart atrazin eklemeleri yapıldı. Farklı pH ortamlarında 39.2, 76.92 ve 113.2 mg/L Atrazin standart çözeltileri için elde edilen voltamogramlar Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de hem 1 hem de 2 numaralı grafikte pH 2 BRT tamponunda Atrazine aittir ikinci grafikte sadece eksen değiştirilerek piklerin daha net görünmesi sağlanmıştır. Bu grafiklerde a) 10 mL pH 2 BRT b) 39.2 c) 76.92 d) 113.2 mg/L Atrazin içermektedir. Atrazinin olduğu bölgede a ile belirtilen yerde herhangi bir

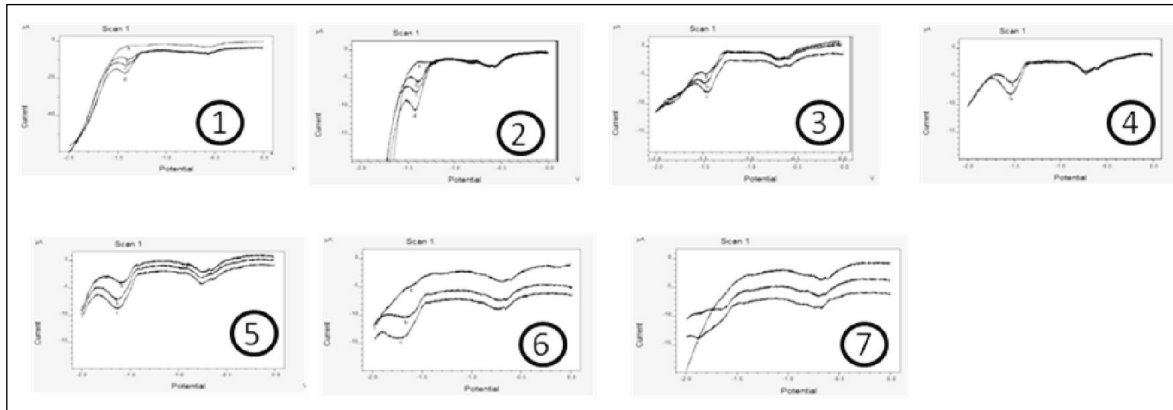
pik bulunmamaktadır. Dolayısı ile b, c ve d grafiklerinde görülen ve standart Atrazin eklemesi ile yükseklikleri artan piklerin atrazine ait olduğu gösterilmiştir. Yapılan analizler sonunda pH 6'dan sonraki pH larda pikler bozulmaya başlamıştır. Bu nedenle en son pH 7 de ölçüm alınarak pH taraması tamamlanmıştır. Yapılan bu deneyler sonucunda pH 2 BRT tamponunun Atrazin analizi için uygun olduğu belirlenmiştir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

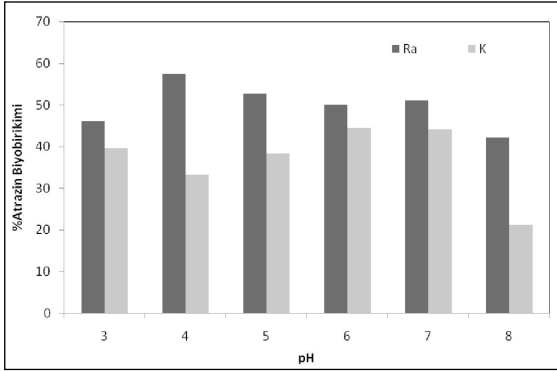
Bu çalışmada elektrokimyasal yöntemler ile Atrazin karbon elektrotlar kullanılarak incelendi ve kantitatif tayinde elektrokimyasal yöntem ve koşullar belirlenmiştir. İlk olarak çalışmada kullanılan Atrazin aktif maddesinin voltametrik tayinleri için en uygun parametreler belirlenmiştir. Bunun için atrazinin öncelikle dönüşümlü voltametri ile indirgenme veya yükseltgenme davranışları ve elektrot reaksiyonun karakteri (adsorpsiyon veya difüzyon kontrollü olup olmadığı) incelenmiştir. Daha sonra atrazinin elektrokimyasal davranışları ve bazı parametrelerin (pH, karıştırma hızı, biriktirme süresi, biriktirme potansiyeli gibi) optimizasyonu yapılarak uygun bir analitik yöntem geliştirilmiş ve geliştirilen yöntem mikroorganizma giderim ortamından elde edilen numuneleri ile ticari formülasyondaki aktif madde miktarının tayininde kullanılarak yöntemin geçerliliği gösterilmiştir.

## Atrazin Biyobirikimine pH Etkisinin Belirlenmesi

Çalışmalarda *R. arrhizus* fungusunun en iyi Atrazin giderimi yaptığı besiyeri pH'sını belirlemek için farklı pH değerlerindeki melaslı besiyerlerine Atrazin eklenerek analiz edilmiştir. Bu amaçla 250 ml'lik erlenlerde pH'sı 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 olan 5 mg/L Atrazin içeren 100 ml melaslı besiyerleri hazırlandı ve *R. arrhizus* inoküle edildi. İnkübasyon süresi boyunca günlük 3 ml örnekler alındı ve 10000 rpm'de santrifüj edildikten sonra süpernetantlar elektrokimyasal olarak analiz edilmiştir. pH etkisi deneyi sonucu Şekil 2'de verilmiş olup, tüm pH değerlerinde kontrol gruplarındaki Atrazin miktarı da azalmıştır. Yapılan bir çalışmada Atrazinin hem alkali hem de asidik pH değerlerinde kimyasal olarak hidroliz olduğu rapor edilmiştir (15). Benzer bir durumda beyaz çürükçül mantar türü ile Atrazin biyodegradasyonu çalışan araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Bu çalışmada kültür ortamında bir taraftan Atrazin biyodegradasyonu gerçekleşirken, diğer taraftan kimyasal degradasyonun olduğu gösterilmiştir (16). Aynı çalışmada 5 günlük inkübasyon sonunda Atrazinin %59'nun giderildiği gösterilmiştir. Bu çalışmada ise 3 günlük inkübasyon sonunda *R. arrhizus* % 57.45 giderim yapmıştır. Buna ilaveten zamanla Atrazinin mantar bulunmayan ortamda da bozunmaya uğradığı saptanmıştır. Bu durum literatürdeki Atrazinin hem asidik hem de bazik sulu ortamlarda zamana bağlı olarak kimyasal olarak hidrolizlendiğini belirten rapor ile örtüşmektedir (15).



Şekil 1. Farklı pH ortamlarında farklı konsantrasyonlarda Atrazin standart çözeltileri için elde edilen voltamogramlar (1: pH 2 BRT tamponunda; 2: pH 2 BRT tamponunda; 3: pH 3 BRT tamponunda; 4: pH 4 BRT tamponunda; 5: pH 5 BRT tamponunda; 6: pH 6 BRT tamponunda; 7: pH 7 BRT tamponunda a) 39.2 mg/L Atrazin b) 76.92 mg/L Atrazin c) 113.2 mg/L Atrazin)  
Figure 1. The voltagrams of Atrazine standart solutions in different pH values (1: pH 2 BRT buffer; 2: pH 2 BRT buffer; 3: pH 3 BRT buffer; 4: pH 4 BRT buffer; 5: pH 5 BRT buffer; 6: pH 6 BRT buffer; 7: pH 7 BRT buffer a) 39.2 mg/L Atrazine b) 76.92 mg/L Atrazine c) 113.2 mg/L Atrazine



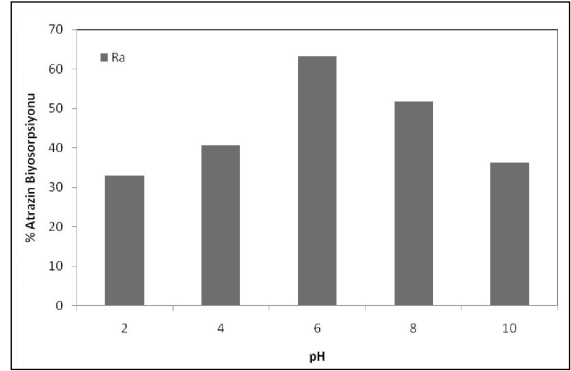
Şekil 2. Gelişmekte olan mantar kültürü ile Atrazin giderimine farklı pH değerlerinin etkisi (Ra: *Rhizopus arrhizus*; Kontrol: Mikroorganizma içermeyen grup; 5 mg/L Atrazin; 3. gün)  
Figure 2. The effect of pH on removal of Atrazine by growing fungal culture (Ra: *Rhizopus arrhizus*; Control: without microorganism; 5 mg/L Atrazine; 3. day)

### Biyosorpsiyon Çalışmaları

Biyosorpsiyon deneylerinde her iki mikroorganizmanında ölü biyokütelleri deney ortamında 1 g/L olacak şekilde kullanılmıştır. Deneyler 250 ml'lik erlenlerde 200 ml distile su ortamında gerçekleştirilmiştir. Belirli saat aralıklarıyla 3 ml numuneler alınarak pestisit miktarındaki değişim takip edilmiştir.

### pH'in Biyosorpsiyona Etkisi

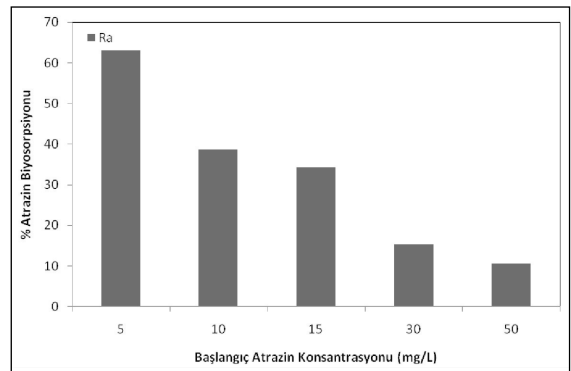
Çalışmada kullanılan mantar türünün biyosorpsiyonla Atrazin giderimine pH'ın etkisinin belirlenmesi için farklı pH değerlerine (pH: 2, 4, 6, 8, 10) ayarlanmış ortamlarda başlangıç konsantrasyonu 5 mg/L olan Atrazin'in giderimi incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda Atrazin'in farklı pH değerlerinde 480 dakika sonunda kayda değer bir kimyasal bozunma geçirmediği tespit edilmiştir. *R. arrhizus* türü 480 dakika sonunda pH 6'da en iyi Atrazin giderimini gerçekleştirmiştir (Şekil 3). Pathak ve Dikshit (2012) mantar kolonilerini kurutarak elde ettikleri biyosorbentleri kullanmış ve en iyi Atrazin gideriminin pH 6'da gerçekleştiğini göstermiştir (17). Yapılan başka bir çalışmada ise Amberlisit kullanılarak Atrazin adsorpsiyonu incelenmiş ve en iyi pH 6.5 bulunmuştur (18). Çalışma bulguları literatürde verilen bilgilerle uyumlu olup, Atrazin biyosorpsiyonu için optimal pH 6 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Atrazin Biyosorpsiyonuna pH etkisi (Ra: *Rhizopus arrhizus*, Başlangıç Atrazin Konsantrasyonu: 5 mg/L, Temas Süresi: 480 dak.)  
Figure 3. The effect of pH on Atrazine biosorption (Ra: *Rhizopus arrhizus*, Initial Atrazine Concentration: 5 mg/L, Contact Time: 480 minutes)

### Başlangıç Atrazin Konsantrasyonunun Biyosorpsiyona Etkisi

Bu çalışmada başlangıç Atrazin konsantrasyonunun biyosorpsiyona etkisinin belirlenmesi için 5, 10, 15, 30 ve 50 mg/L Atrazin konsantrasyonları denemiştir. Artan Atrazin konsantrasyonu biyosorpsiyonu olumsuz etkilemiştir (Şekil 4). Son zamanlarda yapılan bir çalışmada yeni izole edilen mikroorganizma biyokütelleri ile Atrazin (5 mg/L) biyosorpsiyonunun 24 saat sonunda maksimum % 55.3 olduğu gösterilmiştir (19). Bu çalışmada ise *R. arrhizus* türünden kurutulmuş elde edilmiş biyosorbent 5 mg/L Atrazin'in %63.16'sını gidermiştir.



Şekil 4. Atrazin Biyosorpsiyonuna başlangıç Atrazin Konsantrasyonu etkisi  
Figure 4. The effect of initial Atrazine concentration on biosorption

Bu çalışmada tarımsal gıda üretim faaliyetlerin artması sonucu önemli bir çevre sorunu haline gelen pestisitlerin filamentli mantar türü tarafından giderim kapasitesi belirlenmiştir. Çalışmada hem gelişmekte olan hem de kurutulmuş mantar biyokütleleri kullanılmıştır. Özellikle son yıllarda önem kazanan mikroorganizmalar yolu ile atıkların temizlenmesi ve değerlendirilmesi teknolojisi olan biyoremediasyon ile gelişmekte olan filamentli mantar kütlelerinin Atrazin gibi pestisitler tarafından kirlenmiş sulak alanlarda kullanım olanakları araştırılmıştır. Gelişmekte olan *R. arrhizus* türünün Atrazin giderim kapasitesinin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucunda melaslı besiyerinde gelişmekte olan *R. arrhizus* türünün Atrazin biyogiderimi %57.45 olarak gerçekleştirmiştir. *R. arrhizus* türünden elde edilen biyokütle ile yapılan biyosorpsiyon deneylerinde ise giderim %63.16 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre *R. arrhizus* türünün hem biyobirikim hem de biyosorpsiyon mekanizmaları ile pestisit giderimini gerçekleştirebildiği görülmüştür. İki mekanizma karşılaştırıldığında *R. arrhizus* türünün biyosorpsiyon performansının daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma *R. arrhizus* türü kullanılmak suretiyle Atrazin pestisitinin verimli bir şekilde biyolojik olarak arıtımın gerçekleştirilebileceğini göstermiş olup, yeni bir biyolojik arıtım modeli oluşturulması için ön deneme niteliği taşımaktadır. Bu suretle oluşturulacak modelin ticari anlamda biyolojik arıtım sistemlerinde kullanımı verimli arıtımın oluşması nedeniyle enerji ve zaman tasarrufunun yanısıra biyolojik arıtım verimini de artırıcı bir etki göstereceği için ticari anlamda önem kazanmaktadır.

### Teşekkür

Bu çalışmaya 113Y590 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

1. Thomas KV, Hurst MR, Matthiessen P, Sheahan D, Williams RJ. 2001. Toxicity Characterisation of Organic Contaminants in Stormwaters from an Agricultural Headwater Stream in South East England. *Water Research*, 35: 2411-2416.
2. Delen N, Durmuşoğlu E, Güncan A, Güngör N, Turgut C, Burçak A. 2005. Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı Ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, 6-7 Ocak, Ankara, Türkiye, 629-648.
3. Hayes TB, Collins A, Lee M, Mendoza M, Noriega N, Stuart A, Vonk A. 2002. Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant dose. *PANS*, 99 (8): 5476-5480.
4. Topp E, Mulbry W, Zhu H, Nour S, Cuppels D. 2000. Characterization of s-triazine herbicide metabolism by *Nocardioides sp.* Isolated from agricultural soils. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66 (8): 3134-3144.
5. Ying G, Kookana RS, Mallavarpu M. 2005. Release behavior of triazine residues in stabilized contaminated soils. *Environ Pol*, 134: 71-77.
6. Ghosh PK, Philip L. 2006. Environmental significance of atrazine in aqueous systems and its removal by biological processes an overview. *Global NEST J*, 8 (2): 159-178.
7. Friedmann SA. 2002. Atrazine inhibition of testosterone production in rat males following peripubertal exposure. *Rep Toxicol*, 16: 275-279.
8. Pinchuk ML, Lee RS, Filipov MN. 2007. In vitro atrazine exposure affects the phenotypic and functional maturation of dendritic cells. *Toxicol Appl Pharmacol*, 223 (3): 206-217.
9. Eker S, Kargı F. 2006. Kinetic modeling and parameter estimation in biological treatment of 2,4-dichlorophenol containing wastewater using rotating perforated tubes biofilm reactor. *Enzyme Microb Technol*, 38: 860-866.
10. Shawaqfeh AT. 2010. Removal of Pesticides from Water Using Anaerobic-Aerobic Biological Treatment. *Chinese J Chem Eng*, 18 (4): 672-680.
11. Moriera FC, Vilar VJP, Ferreira ACC, Dos Santos FRA., Dezotti M, Sousa MA, Goncalves C, Boaventura RAR, Alpendurada MF. 2012. Treatment of a pesticide-containing wastewater using combined biological and solar-driven AOPs at pilot scale, *Chem Eng J*, 209: 429-441.

12. Vilar VJP, Moreira FC, Ferreira ACC, Sousa MA, Gonçalves C, Ipendurada MF. 2012. Biodegradability enhancement of a pesticide-containing bio-treated wastewater using a solar photo-Fenton treatment step followed by a biological oxidation process, *Water Res*, 46 (15): 4599–613.
13. Min G, Wang S, Zhu H, Fang G, Zhang Y. 2008. Multi-walled Carbon Nanotubes as Solid-phase Extraction Adsorbents for determination of Atrazine and Its Principal Metabolites in Water and Soil Samples by Gas Chromatography- Mass Spectrometry. *Sci Total Environ*, 396: 79-85.
14. Dönmez G. 2002. Bioaccumulation of the reactive textile dyes by *Candida tropicalis* growing in molasses medium. *Enzyme Microbial Technol*, 30: 363-366.
15. Armstrong DE, Chesters G, Harris RF. 1967. Atrazine hydrolysis in soil. *Soil Sci Soc Am Proc*, 31: 61 - 66.
16. Aracagök YD, Kolankaya N. 2012. Biodegradation of atrazine by a selected white-rot fungal strain in optimized conditions. *European Int J Sci Technol*, 1 (2): 1- 10.
17. Pathak RK, Dikshit AK. 2012. Effect of Various Environmental Parameters on Biosorptive Removal of Atrazine from Water Environment. *Int J Environ Sci Development*, 3 (3): 289- 293.
18. Kyriakopoulos G, Xiarchos I, Doulia D. Removal of pesticides from aqueous solutions by adsorption, 3rd European Conference on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment. October, 7-10, Greece. 2004.
19. Pathak RK, Dikshit AK. 2011. Isolation and Characterization of Bacterial Strains to be Used as Biosorbent for Removal of Atrazine from Wastewater. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology (IPCBE), 26- 28 February, Singapore, 137- 140 p.