

Biyoadsorbisyon ve Katı-Faz Fermantasyonu ile Boya Gideriminde Tarımsal Atıkların Kullanım Potansiyeli

Sevil PİLATİN^{*}, Buket KUNDUHOĞLU¹

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir/TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar
E-posta: spilatin@ogu.edu.tr

Geliş Tarihi: 26 Aralık 2018
Kabül Tarihi: 29 Aralık 2018

Özet

Bu çalışmada, biyoadsorbent olarak mısır koçanı ve arpa samanı kullanılarak, tekstilde kullanılan Blue 49 ve RBBR reaktif boya larını adsorbisyon potansiyelleri belirlenmiştir. Boya adsorbe olmuş tarımsal atıklar kurutulduktan sonra *Pleurotus sajor-caju* için katı-faz fermantasyon (KFF) ortamı olarak kullanılmıştır. Böylece adsorbisyon-degradasyon işlemlerinden oluşan iki aşamalı bir dekolorizasyon çalışması yapılmıştır. Mısır koçanı ve arpa samanının biyoadsorbisyon yeteneğinin olduğu belirlenmiştir. Blue 49 ve RBBR'nin 100 mg/l'lik konsantrasyonu ve 1g adsorbanın kullanıldığı biyoadsorbisyon denemelerinde %78-84 arasında dekolorizasyon olmuştur, bu değer 5g adsorbanın kullanıldığı denemelerde %82-89 arasındadır. Biyoadsorbisyon denemelerinden geriye kalan tarımsal atıklar (Blue 49/RBBR;100 mg/l, Mısır koçanı/arpa samanı;1g) *P. sajor-caju* için KFF ortamı olarak kullanılmıştır. *P. sajor-caju* miselleri KFF ortamlarına ekilmiş ve bir hafta inkübe edilmiştir. *P. sajor-caju* KFF ortamlarında iyi gelişmiş ve kuru ağırlıklarında artış gözlenmiştir. Ayrıca inkübasyon sonunda kontrol grubu KFF ortamlarında renk değişimi gözlenmezken, *P. sajor-caju* ekilmiş KFF ortamlarının rengi tamamen kaybolmuştur. Sonuç olarak arpa samanı ve mısır koçanı gibi; ucuz, yenilenebilir ve çevreyle dost tarımsal atıkların, tekstil boya ları ile kontamine olmuş atık suların dekolorizasyonunda biyoadsorbent olarak kullanım potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca biyoadsorbisyonu takib eden biyodegradasyon uygulaması gibi iki aşamalı prosesin tam bir boya dekolorizasyonu sağladığı belirlenmiştir. Biyodegradasyon prosesinden geriye kalan KFF ortamları, yeniden biyosorbent olarak kullanılabilir gibi, doğrudan ya da ön işlemden geçirildikten sonra kompost ya da organik gübre olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal Atıklar, Dekolorizasyon, Biyodegradasyon, Katı-Faz Fermantasyonu.

GİRİŞ

Sentetik boya lar tekstil, boya, kâğıt ve baskı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde 100.000'in üzerinde sentetik boya ticari olarak kullanılmakta ve yılda 700.000 ton boya üretimi yapılmaktadır [7]. Bu boya maddelerin yaklaşık %10-15'nin atık sulara bırakıldığı tahmin edilmektedir [14].

Atık sularda ki oldukça düşük boya konsantrasyonunun varlığı bile gözle görülebilir ve istenmeyen bir kirlilik yaratmaktadır ve bu nedenle endüstriyel atık sulardan boya giderimi gün geçtikçe dikkat çeken bir araştırma alanı olmaktadır [12].

Tekstil endüstrisi atık sularının en önemli kirlilik parametresi; renktir. Renkli atık suların doğrudan ekosisteme deşarj edilmesi, çevreye zarar vermekle kalmayıp anaerobik şartlarda yüksek oranda toksik ve kanserojenik olan aromatik aminlerin oluşmasına neden olmaktadır [3; 9; 17].

Atık sulardan boya maddelerin gideriminde genellikle fiziksel ve kimyasal metotlar kullanılmaktadır. Fakat bu metotların, yüksek maliyet gerektirmesi, giderimin yetersiz kalması, düşük seçicilik ve yüksek enerji tüketimi gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle, çevreden toksik ve kanserojenik boya ları giderebilmek için yeni ve alternatif teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Son yıllarda, atık sulardan boya gideriminde adsorbent olarak tarımsal yan ürünlerin kullanıma yönelik önemli bir ilgi vardır [18].

Boya ların saf ve karışık bakteri kültürleri ve fungal kültürlerle aerobik ve anaerobik degradasyonunu kapsayan biyolojik giderimine yönelik birçok araştırma bulunmaktadır. Bu tür biyolojik sistemlerin

geliştirilmesindeki başlıca engel, günlük olarak ancak belirli bir hacimdeki atık suyun işlenebilmesidir. Bu nedenle, boya içeren atık suların katı-faz fermantasyonu (solid state fermantasyon) ile biyolojik muamelesinden önce, fiziksel olarak geri kazanımına (konsantre edilmesi) yönelik sistemlerin avantaj sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu sistemler kullanılarak, daha fazla atık suyun işlenebileceği ve böylelikle daha hızlı bir su geri dönüşümü sağlanabilecektir [12].

Atık sulardan boya adsorbisyonunda adsorbent olarak tarımsal atıkların kullanılması yeni keşfedilen bir yöntem değildir. Turba, kül, kömür, pirinç kabuğu, mısır koçanı, pancar ve elma posası gibi doğal adsorbentlerin boya gideriminde kullanıldığı çeşitli çalışmalar bildirilmiştir [10; 11; 16].

Tarımsal atıklar içerikleri itibari ile yapılarında birçok fonksiyonel grup bulundurlar. Fonksiyonel gruplar da boya madde adsorbisyonuna katkı sağlayacak birimlerdir. Adsorban seçimi yapılırken bazı önemli özellikleri bulunmalıdır. Öncelikle, kolay bulunabilmeli ve ucuz olmalıdır, çözelti içerisinde istenilmeyen bir etkileşim meydana getirmemesi, adsorbisyon işlemi sonrasında tekrar kullanılabilmesi, yüksek oranda adsorbisyon özelliğine sahip olması ve adsorbisyon prosesinde kullanılması için fazla sayıda ön işleme ihtiyaç duymaması sayılabilir [1].

Ülkemizin bir tarım ülkesi olması ve her yıl milyonlarca ton ekonomik değeri olmayan tarımsal atık oluşturmakta ve bu atıklar da tarlalarda kalmaktadır. Bu atıkların yakılarak yol edilmesi yerine farklı ve alternatif teknolojiler ile değerlendirilmesi atık yönetimi açısından çok önemlidir [8]. Tekstil boya ları gibi kirleticilerin uzaklaştırılması için düşük maliyetli adsorbisyon materyalleri kullanılması en ekonomik yöntemdir [2].

Azo boyarmaddelerden sonra, tekstil boya larının ikinci en

önemli sınıfını oluşturan ve polimerik boyaların üretiminde başlangıç malzemesi olarak sıkça kullanılan ve toksik ve geri dönüşümsüz organik kirleticinin önemli bir sınıfını temsil eden bir antrakinin boyadır [13].

Bu çalışmada, tarımsal atıkların (biyoadsorbent) tekstilde kullanılan bazı boya ları adsorbe etme kapasiteleri ve adsorbentlere konsantr e edilmiş boyanın *P. sajour-caju* ile biyolojik degradasyonunu kapsayan bir yaklaşımın sonuçları sunulmuştur.

MATERYAL ve METOT

Materyaller:

Adsorbantlar

Boya adsorbsiyonu için arpa samanı ve mısır koçanı olmak üzere iki farklı tarımsal atık kullanılmıştır. Arpa samanı ve mısır koçanları 60°C’de 24 saat kurutulmuş ve öğütülmüştür. Adsorbsiyon çalışmalarında kullanılmak üzere 1 ve 5’er g tartılarak, darası alınmış erlenlere konularak 121°C’ de 15 dk steril edilmiştir. Steril edildikten sonra tekrar 4 saat 60°C’de kurutularak kullanılmıştır.

Tekstil Boyaları

Reactive Blue 19 (RBBR) ve Reactive Blue 49 Merck ve Sigma Aldrich firmalarından alınmıştır. Kromofor grup olarak anthraquinone (antrakinin), reaktif grup olarak da sırasıyla vinyl sulphone (vinil sülfon) ve monochlorotriazine (monoklorotriazin) içermektedir. RBBR ve Blue 49’un 1g/l lik solüsyonları distile su ile hazırlanmış ve filtrasyonla steril edilmiştir. Adsorbsiyon çalışmalarında kullanılmak üzere 100, 250 ve 500 mg/l’lik çözeltileri hazırlanmıştır.

Katı Faz Fermantasyonu İçin *P. sajour-caju*

Kültürünün Hazırlanması

P. sajour-caju Malt Extract Agar plaklarında 30°C’de bir hafta inkübe edilmiştir. Malt Extract Agar plaklarından 10 mm’ lik diskler çıkarılarak içinde 100 ml Malt Extract Broth bulunan 300 ml’ lik erlenlere inoküle edilmiştir, çalkalamalı inkübatörde 150 rpm de 30°C’de 4 gün inkübe edilmiştir. Pelletler haline gelen *P. sajour-caju* miselleri süzölmüş ve 100 ml KFF Medium’la birlikte (100 g substrat için, 20:1 karbon:azot oranı sağlayacak şekilde: 6.6 g (NH₄)₂HPO₄; 1.5 g MgSO₄. 7H₂O; 1.5 g CaCl₂. 2H₂O) aseptik koşullarda homojenize edilerek, KFF çalışmalarında inokulum olarak kullanılmıştır [12].

Yöntemler:

Biyoadsorbisyon Çalışmaları

İçinde adsorbant bulunan 300 ml’lik erlenlere, iki boyanın farklı konsantrasyonları (100, 250 ve 500 mg/l’lik) 100’er ml ilave edilmiş ve 25°C’de 100 rpm’de ve ışık görmeyecek şekilde 48 saat adsorbsiyon yapılmıştır. Adsorbsiyon denemesi sonunda, adsorbsiyon ortamları 10.000 g’de 5 dk süreyle santrifüjlenerek adsorbant ayrılmış ve bu süpernatandaki boya konsantrasyonu belirlenmiştir. Süpernatandaki ki RBBR ve Blue 49 konsantrasyonları kontrolle karşılaştırılmış böylece adsorbantın kullanılan boya ları dekolore etme potansiyeli belirlenmiştir. Bunun için öncelikle RBBR ve Blue 49’un bilinen konsantrasyonlarına karşılık gelen optik yoğunlukları (OD) 600 nm’de (UV/ VIS spektrofotometre, Jasco V-530, Japan) belirlenmiş ve bu

değerler kullanılarak standart eğriler hazırlanmıştır. Süpernatantların OD’leri ölçülerek, bu OD değerlerine karşılık gelen boya konsantrasyonları belirlenmiştir. Daha sonra her bir adsorbsiyon çalışması için % dekoloreasyon değerleri hesaplanmıştır.

KFF Çalışmaları

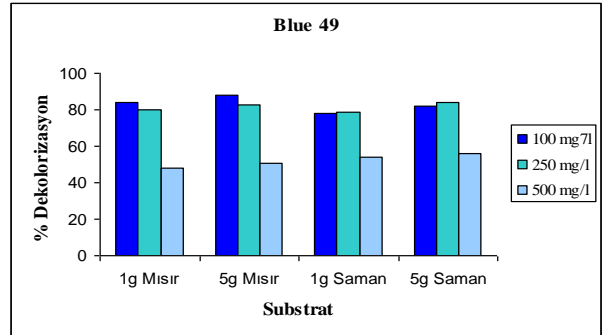
Boya adsorbe olmuş adsorbantlar 60°C’ de 24 saat kurutularak petrilere konmuş, KFF çalışmalarında *P. sajour-caju* için substrat olarak kullanılmıştır.

Petrilerdeki kurutulmuş KFF ortamları, homojenize edilmiş *P. sajour-caju* miseli ile inoküle edilmiştir. Arpa samanı ve mısır koçanının 1 ve 5g’ ı için sırasıyla, 5 ml (0.25 g kuru ağırlık) ve 20 ml (0.4 g kuru ağırlık) inokulum kullanılmıştır. Petriler 30°C’de 7 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında KFF ortamları kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

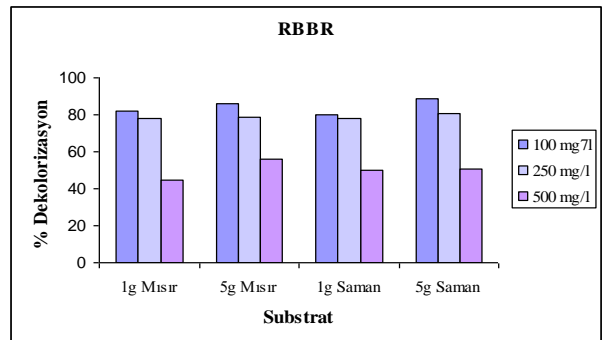
BULGULAR

Boya ların Biyoadsorbisyonu

Arpa samanı ve mısır koçanı ekonomileri tarıma dayalı birçok ülke için kolay ve bolca bulunulabilecek tarımsal atıklar olması nedeniyle çalışmamızda substrat olarak kullanılmıştır. Adsorbsiyon çalışmalarında 100, 250 ve 500 mg/ l’ lik üç farklı boya konsantrasyonu ve 1 ve 5 g olmak üzere iki farklı adsorbant miktarı denenmiştir, bu denemeden elde edilen % dekoloreasyon değerleri Şekil 1 ve 2’ de verilmiştir.



Şekil 1. Blue 49 kullanılarak yapılan adsorbsiyondan elde edilen % dekoloreasyon değerleri



Şekil 2. RBBR kullanılarak yapılan adsorbsiyondan elde edilen % dekoloreasyon değerleri

Blue 49’un dekoloreasyon değerleri incelendiğinde adsorbant miktarı ve çeşidi açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Her iki boya için, 100 mg/l’ lik boya konsantrasyonu ve 1g substratın kullanıldığı denemelerde dekoloreasyon başarısı %78-84 arasında olmuştur, bu değer 100 mg/l’ lik boya konsantrasyonu ve 5g substratın kullanıldığı denemelerde %82-89 arasındadır. 500 mg/ l’ lik boya konsantrasyonları ile yapılan adsorbsiyon denemelerinden elde edilen % dekoloreasyon değerleri, 100 ve 250 mg/l boya konsantrasyonu ile yapılan

denemelerdekinden oldukça düşük olmuştur. 100 ve 250 mg/l' lik boya konsantrasyonları ile elde edilen % dekolorizasyon değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Bu nedenle KFF çalışmalarına 100 mg/l boya konsantrasyonu ile devam edilmiştir. Adsorbant miktarı ile boya dekolorizasyonu arasında da önemli bir fark gözlenmemiştir, 1 ya da 5 g adsorbant kullanımı dekolorizasyon yüzdesi üzerinde önemli olmamıştır ($p>0.05$). Şekil 3' de ise, 100 mg/l boya çözeltisi ve 1g adsorbant kullanılarak yapılan adsorbsiyon çalışması sonunda, elde edilen süpernatantlardaki renk giderimi görülmektedir. Mısır koçanı ile yapılan adsorbsiyon çalışmasında daha berrak bir süpernatant elde edilmiştir.



Şekil 3. Blue 49 ve RBBR çözeltilerinde (100 mg/L), arpa samanı (S) ve mısır koçanının (M) adsorbant olarak kullanıldığı deneme sonrasındaki dekolorizasyon

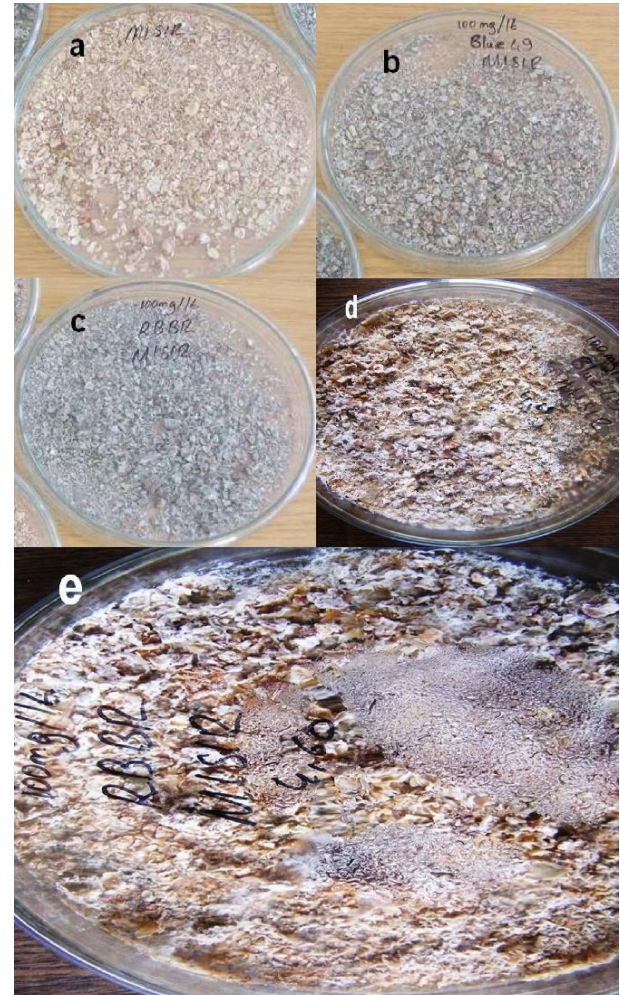
Boya Adsorbe Olmuş Arpa Samanı ve Mısır Koçanı İle KFF Çalışmaları

Boya adsorbe olmuş adsorbantlar süzülüş, 60°C de 24 saat kurutulmuş ve KFF çalışmasında substrat olarak kullanılmıştır. Boya adsorbe olmuş 1 ve 5'lik g adsorbantlar, sırasıyla 5 ve 20 ml olmak üzere iki farklı hacimde *P. sajor-caju* misel homojenatı ile inoküle edilmiştir. *P. sajor-caju*'nun KFF ortamında bir haftalık inkübasyonundan sonra, fungal gelişim ve gözle görülebilir bir renk giderimi sağlanmıştır. Şekil 4 ve 5'de, 100 mg/l' lik boya konsantrasyonlarının kullanıldığı adsorbsiyon işleminden elde edilen ve KFF için substrat olarak kullanılan ortamlarda, inkübasyon başında ve bir haftalık inkübasyon sonundaki renk değişimleri ve fungus gelişimi

görülmektedir. Ayrıca KFF ortamlarındaki biyokütle artışı da kontrol edilmiştir. KFF ortamlarının inkübasyon sonundaki kuru ağırlıkları, inkübasyon başındakine ve kontrole göre artmıştır (Tablo 1). Bu da boya adsorbe olmuş adsorbantların fungal kolonizasyon için uygun bir substrat olduğunu ve boya yıkım ürünlerinin *P. sajor-caju* gelişimini inhibe etmediğini göstermektedir.

Tablo 1. KFF ortamlarındaki kuru ağırlık artışları

KFF ortamı	Adsorbant miktarı (g)	Kuru Ağırlık (g)				
		KFF-RBBR (mg/l)		KFF-Blue 49 (mg/l)		
		100	250	100	250	
Adsorbant+ <i>P. sajor-caju</i> (Kontrol)	Mısır	1	0,44	-	-	-
		5	0,54	-	-	-
	Samani	1	0,48	-	-	-
		5	0,57	-	-	-
Adsorbant+ boya+ <i>P. sajor-caju</i>	Mısır	1	0,54	0,32	0,65	0,34
		5	0,67	0,44	0,71	0,41
	Arpa	1	0,58	0,41	0,63	0,41
		5	0,61	0,44	0,66	0,43
	Samani	1	100	yapılmadı	100	yapılmadı
		5	100	yapılmadı	100	yapılmadı



Şekil 4. KFF ortamı olarak mısırın kullanıldığı çalışmalarda, inkübasyon başında ve sonundaki renk değişimleri ve *P. sajor-caju* gelişimi (a-Mısır (kontrol), b-Mısır +100 mg/l Blue 49 (kontrol), c-Mısır 100 mg/l RBBR (kontrol), d-Mısır +Blue 49 100 mg/l + *P. sajor-caju* - KFF denemesi, e-Mısır +RBBR 100 mg/l + *P. sajor-caju* - KFF denemesi)



Şekil 5. KFF ortamı olarak Arpa samanının kullanıldığı çalışmalarda, inkübasyon başında ve sonundaki renk değişimleri ve *P. sajor-caju* gelişimi (**a**-Arpa Samanı (kontrol), **b**-Arpa Samanı +100 mg/l Blue 49 (kontrol), **c**-Arpa Samanı 100 mg/l RBBR (kontrol), **d**-Arpa Samanı +Blue 49 100 mg/l + *P. sajor-caju* – KFF denemesi, **e**-Arpa Samanı +RBBR 100 mg/l + *P. sajor-caju* – KFF denemesi)

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yaptığımız çalışmaya benzer bir çalışma Niğam vd., [2000] tarafından yapılan buğday samanı, odun talaşı, mısır koçanı parçalarının Cibacron Orange, Remazol Red, Remazol Turquoise Blue, Remazol Navy Blue, Cibacron Red, Remazol Golden Yellow, Remazol Blue ve Remazol Black B boya renklerini tek olarak ve karışık boya renkleri olarak adsorplama yeteneği araştırılmıştır. Sonuçta elde edilen boya adsorblanmış atıklar ve *Phanerochaete chrysosporium*, *Coriolus versicolor* gibi iki beyaz çürükçül fungusun katı fermentasyonu için substrat olarak kullanılmıştır. Mısır koçanı parçaları ve buğday samanı kullanarak, oda sıcaklığında 500 ppm boya solüsyonunda bile %75 oranında boya giderimi olduğu gözlemlenmiştir [12].

Robinson vd., [2002], Arpa kabuğu buğday sapı ve mısır koçanının boya adsorplama yeteneği üzerine etkisi karşılaştırmışlar ve Cibacron Sarı C-2R, Cibacron Kırmızı C-2G, Cibacron Mavi CR, Remazol Siyah B ve Remazol Kırmızı RB boya maddelerini çözümlenmiş uzaklaştırmışlardır. Bu üç adsorbentten önce işlem ile öğütülen adsorbent yüzeyi artırmışlar ve daha fazla boya madde adsorpsiyonu için çeşitli işlemlerden geçirmişlerdir. Buğday saplarının, adsorbent yeteneği ve maliyet olarak daha iyi sonuç verdiğini bulmuşlardır [16].

Yine Robinson vd., [2002], mısır koçanı ve arpa samanı tarımsal atıklarını, yapay tekstil boya atıklarının uzaklaştırılması amacıyla kullanmışlardır. Deneyler 5 tekstil boyasının eşit karışımından oluşan sentetik atıkların 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 mg/L boya konsantrasyonlarının da yapılmıştır. Deneylerde başlangıç boya konsantrasyonunun etkisi, biyosorbent partikül büyüklüğünün ve biyosorbent miktarının adsorpsiyona etkisi test edilmiştir. 100 ml de 1gr mısır koçanları 48 saatte %92 oranında, 1gr arpa

kabuğunun da 48 saatte %92 adsorpsiyon kapasitesi gösterdiği bulunmuştur. Sonuç olarak bu tarımsal atıkların tekstil atık sularından boya uzaklaştırması için etkili biyosorbentler olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. [16].

Gupta ve arkadaşları [4-5], atık sulardan Safranin T, Reactofix Golden Yellow 3 RFN, Brilliant Blue FCF ve Acid Orange 7 boya renklerinin uzaklaştırılması için pirinç ve buğday kabuğu gibi tarımsal atıklar kullanılmıştır. Pirinç ve buğday kabuğunun boya giderimi için etkili bir adsorbent olduğunu bildirmişlerdir.

KFF tekniği ile çeşitli zirai-endüstriyel atıkların destek-substrat olarak kullanılmasını sağlar ve böylece süreci daha ekonomik ve çevreye dost hale getirir. KFF yolu ile daha yüksek üretkenlik, daha basit işlem ve daha düşük maliyet gibi batık kültürlerle kıyasla avantajları nedeniyle daha popüler hale gelmektedir [6; 15]. Burada sunulan sonuçlar, ucuz tarımsal atıkların kullanarak büyük miktarlarda tekstil atıklarından boya çıkarılmasına yönelik yalnızca bir yaklaşım göstermektedir. Bu ilk çalışmalar, arpa samanı veya mısır koçanı parçalarına yapılan boya adsorpsiyonunun, tekstil atığı içeren boya renklerinin giderilmesi için ucuz ve etkili bir yöntemi temsil ettiğini göstermiştir.

Biyolojik arıtma sistemleri büyük hacimlerdeki boyalı atık sulardan boya gideriminde yeterli olamamaktadır. Özellikle düşük konsantrasyonlu boya kontaminasyonu içeren büyük hacimli atık sulardaki kontaminasyonu konsantre etmek açısından, biyoadsorbentlerin, arıtım proseslerine önemli bir katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Bu sistemler kullanılarak, daha fazla atık suyun işlenebileceği ve böylelikle daha hızlı bir su geri dönüşümü sağlanabilecektir [12]. Adsorbentler kullanılarak, boyalı atık suların şehir kanalizasyonuna verilebilir BOD değerine getirilmesi mümkün olacaktır ya da tekstil fabrikalarında yeniden kullanılabilir duruma getirilebilecektir. Çalışmamızda arpa samanı ve mısır koçanı gibi ucuz, yenilenebilir ve çevreye dost adsorbentler kullanılarak, tekstil boyaları önce konsantre edilmiş sonra da *P. sajor-caju* kullanılarak biyolojik yolla, tamamen parçalanmıştır. Biyodegradasyon prosesinden geriye kalan KFF ortamları, yeniden biyosorbent olarak kullanılabilirliği gibi, doğrudan ya da ön işlemden geçirildikten sonra kompost ya da organik gübre olarak kullanılabilir. Ancak KFF sürecinde boya yıkımına bağlı olarak oluşan ara ve son ürünleri belirleme konusunda detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Apak, E., Jagtoyen, M., Akar, A., Ekinci, E. ve Derbyshire, F., 1996. Yeniköy Ağaçlı Kömüründen Kimyasal ve Termal Yöntemlerle Aktif Karbon Üretimi, UKMK-2. Bildiri Kitabı, İstanbul.
- [2] Avinash, A. K., Jeevan D. K., Rahul V., Khandare J. P. Jadhav Sanjay P. G., 2013. Solid-state fermentation: tool for bioremediation of adsorbed textile dyestuff on distillery industry waste-yeast biomass using isolated *Bacillus cereus* strain EBT1. Environ. Sci. Pollut. Res. 20:1009–1020 DOI 10.1007/s11356-012-0929-6
- [3] Eltem, R., 2001. Atık Sular ve Arıtım. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, No: 172, İzmir.
- [4] Gupta, VK, Mittal, A., Krishnan, L., Mittal, J., 2006. Adsorption treatment and recovery of the hazardous dye, Brilliant Blue FCF, over bottom ash and de-oiled soya. J. Colloid Interface Sci. 293:16–26.
- [5] Gupta, V.K., Carrott, P.J.M., Ribeiro Carrott, M.M.L. and Suhas., 2009. Low-cost adsorbents: growing approach to wastewater treatment-a review. Crit. Rev. Environmental Science and Technology, 39:10, 783-842, DOI: 10.1080/10643380801977610
- [6] Kadam, A, Telke AA., Jagtap, SS., Govindwar, S. P., 2011. Decolorization of adsorbed textile dyes by developed consortium of *Pseudomonas* sp. SUK1 and *Aspergillus ochraceus* under solid state fermentation. J. Hazard Mater 189:486–494.
- [7] Kapdan, İ. A. ve Kargı, F., 2000. Atıksulardan tekstil

- boyar maddesinin *Coriolus versicolor* ile dolgu kolon reaktörde giderimi, İ. T. Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, İstanbul, 1-7.
- [8] Kılıç, M., Çepeliogullar, Ö., Özsin, G., Uzun B., Pütün, A., 2014. Nohut Samanı Tarla Atığının Sulu Çözeltilerden Metilen Mavisini Gideriminde Düşük Maliyetli Olarak Değerlendirilmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol 29, No 4, 717-726.
- [9] Mohamed, M. M., 2004. Acid dye removal: comparison of surfactant- modified mesoporous FSM-16 with activated carbon derived from rice husk. Journal of Colloid and Interface Science, 272: 28-34.
- [10] Nassar, M.M. and El-Geundi, M. S., 1991. Comparative cost of colour removal from textile effluent using natural adsorbents. J. Chem. Tech. Biotech., 50: 257-264.
- [11] Nawar, S.S. and Doma, H. S., 1989. Removal of dyes from effluents using low-cost agricultural by-products. Sci. Total Environ. 79: 271-279.
- [12] Nigam, P., Armour, G., Banat, I. M., Singh, D., Marchant, R., 2000. Physical removal of textile dyes from effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues. Bioresource Technology, 72:219-226.
- [13] Palmieri, G., Cennamo, G., Sannia, G., 2005. Remazol brilliant blue R decolourisation by the fungus *Pleurotus ostreatus* and its oxidative enzymatic system. Enzyme Microb. Technol., 36:17-27.
- [14] Papic, S., Kopravinac, N., Bozic, A.L. and Metes, A., 2004. Removal of some reactive from synthetic wastewaters by combined Al (III) coagulation/carbon adsorption process. Dyes and Pigments, 62, 291-298.
- [15] Papinutti, L., Mouso, N., Forchiassin F., 2006. Removal and degradation of the fungicide dye malachite green from aqueous solution using the system wheat bran-*Fomes sclerodermeus*. Enzyme Microb. Technol. 39:848-853.
- [16] Robinson, T., Chandran, B., Nigam, P., 2002. Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw. Water Research, 36:2824-2830.
- [17] Sakkayawong, N., Thiravetyan, P., Nakbanpote, W., 2005. Adsorption mechanism of synthetic reactive dye wastewater by chitosan. Journal of Colloid and Interface Science, 286: 36-42.
- [18] Yalçın, P. K., 2005. Tekstil Boyalarının Gideriminde Tarımsal Atık Kullanımı Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı.