

Çöven Bitkisinden Elde Edilen Saponinin Deri Endüstrisi Arıtma Çamuru Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Emine ÇELİK¹, Mehmet AYDOĞAN¹, Ayla UYSAL¹ *, Hasan ÖZÇELİK²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye
eminecelikk.93@gmail.com, 10m.aydogan@gmail.com, aylauysal@sdu.edu.tr

*Ayla UYSAL

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Isparta, Türkiye
hasanozcelik@sdu.edu.tr

Geliş tarihi : 16.09.2017, Kabul tarihi : 25.12.2017

Özet: Bu çalışmada deri endüstrisi arıtma çamurundan biyosurfaktan uygulaması ile hidroliz yöntemi metal ve nütrient salınımları için araştırılmıştır. Deri endüstrisi arıtma çamurları krom kadar önemli oranda diğer metalleri ve azotu da ihtiva etmektedir. Bu sebeple, biyosurfaktanın etkisi sadece krom salınımı üzerine değil, aynı zamanda diğer metaller ve nütrientler için de değerlendirilmiştir. Biyosurfaktanlar; bakteriler, mayalar, mantarlar ve bitkiler tarafından üretilen biyomoleküllerdir. Hidrofobik kirleticilerin çözünübilirliğini ve biyolojik olarak parçalanmasını artırmaktadırlar. Bu çalışmada, bir bitki kaynaklı biyosurfaktan olan Çöven bitkisi saponini, metal ve nütrient salınımları için yoğunlaştırılmış deri endüstrisi arıtma çamuruna uygulanmıştır. Salınımlar üzerine hem saponin çözelti konsantrasyonu hem de saponin/çamur oranı etkileri araştırılmıştır. Saponin çözelti konsantrasyonunun artmasıyla, metal salınımları artmıştır. Azot ve fosfor salınımları da gözlenmiştir. Maksimum metal salınımları saponin çözelti konsantrasyonu %20 ve saponin/çamur oranı (mL/g) 5/1 olduğunda elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitki kaynaklı biyosurfaktan, deri endüstrisi çamuru, hidroliz, metal salınımı, saponin.

Evaluation of the Effect of Saponin Obtained from Soapwort Plant on the Tannery Sludge

Abstract: In this study, hydrolysis method with biosurfactant application from the tannery sludge was investigated to release of metal and nutrient. The tannery sludge contains other metals and nitrogen as considerable amount as chromium. For this reason, the biosurfactant effect was evaluated not only for chromium release, but also for other metals and nutrients. Biosurfactants are biomolecules produced by bacteria, yeasts, fungi and plants. They enhance the solubility of hydrophobic pollutants, thus increasing their potential for biodegradation. Saponin obtained from Soapwort plant, a plant derived biosurfactant, was applied to thickened tannery sludge for release of metal and nutrient, in this study. The effects of both the saponin solution concentration and the saponin/sludge ratio on the releases were investigated. Increasing the concentration of saponin solution, release of metals increased. The release of nitrogen and phosphorus was also observed. Maximum release of metals was obtained at saponin concentration 20% and saponin/sludge ratio (mL/g) 5/1.

Keywords: Hydrolysis, metal release, plant derived biosurfactant, saponin, tannery sludge.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile tüketimin hızla artması günümüzde atık oluşumunu dolayısıyla bu atıkların arıtılması ve bertarafı hususunda sorunlar oluşturmaktadır. Endüstriyel kaynaklı atıksuların arıtılması sonucu oluşan arıtma çamurları hacimce fazla olmaları, organik madde içeriklerinden dolayı kokuşma eğiliminde olmaları ve işlenmesi, bertarafı gibi konularda oldukça karmaşık problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Yıldız ve ark., 2009). Arıtma çamurlarında depolanan değerli ürünlerin ve uzaklaştırılması gereken metal/ağır metal veya tehlikeli maddelerin geri kazanılabilmesi için alternatif yöntemlerin araştırılması, günümüzün en önemli atık yönetimi konuları arasında yer almaktadır.

Deri endüstrilerinde büyük miktarda katı atık üretilmekte (işlenen 1 kg ham materyal için 30-35 litre) ve bu atıkların uzaklaştırılmaları ciddi problem yaratmaktadır (Ramasami ve ark., 1994). Atıkların özellikleri uygulanan işlemin türüne, işlem süresine ve işleme giren kimyasal maddelerin özelliklerine göre değişmektedir. Bitkisel tabaklayıcı maddelerin kullanılması halinde daha az su; krom gibi tabaklayıcıların kullanılması halinde daha çok su sarf edilmektedir (Downing, 1981; Özdemir ve ark., 2004). Deri endüstrisi atıksularındaki temel kirletici parametreler organik maddeler, yağ-gres, azot bileşikleri, sülfür ve kromdur (Özdemir ve ark., 2004). Deri endüstrisi arıtma çamurlarının yüksek krom içerikleri, arazi uygulaması yönünden problem teşkil etmektedir (Lopez ve ark., 1991; Zhou ve ark., 2006). Deri endüstrisi arıtma çamurundan toprağa ve suya krom karışması çevre ve insan sağlığı için çok tehlikelidir. Cr(III) daha az toksik olup, Cr(VI) formunda oldukça toksiktir (Avudainayagam ve ark., 2003). Bununla birlikte belirli koşullar altında Cr(III), Cr(VI)'ya yükseltgenebilir. Cr(III)'ün yükseltgenmesiyle meydana gelen Cr(VI), yağmurlu mevsimlerde topraktan süzülerek yeraltı sularını kirletebilmektedir (Chandra ve Kulshreshtha, 2004). Deri endüstrisi arıtma çamurundan krom salınımı ile çamur hacmi azaltılıp, değerli ham materyal kaybı önlenerek ekonomik kazanç elde edilip; aynı zamanda çamurun araziye uygulamasında doğabilecek sağlık riskleri azaltılabilmektedir (Kiliç ve ark., 2011). Kromun arıtma çamurundan giderilmesi ve geri kazanılması için öncelikle arıtma çamurundaki kromun solüsyona ekstrakte edilmesi gerekmektedir. Bu konuda çeşitli literatür çalışmaları mevcuttur. Shen ve ark. (2001), deri endüstrisi çamurundan Cr ekstrakte etmek için mineral asitleri kullanmışlardır. Macchi ve ark. (1991), sülfürik asit ile Cr(III)'ün ayrılmasını ve Cr(VI)'ya yükseltgenerek geri kazanımını araştırmışlardır. Chuan ve Liu (1996), deri endüstrisi çamurundan krom salınımı üzerine pH'nın etkisini araştırmışlardır. Souza e Silva ve ark. (2006), 60 °C'de %30 hidrojen peroksit kullanarak % 92 krom ekstrakte etmişlerdir.

Ülkemizde birçok bitki ekonomik amaçlarla kullanılmakta olup *Gypsophila* L. ve *Ankyropetalum* Fenzl cinslerine ait bazı türler ekonomik bakımdan oldukça önemlidir. Bu cinslerin saponin bakımından zengin ve ekonomik önemi olan taksonları halk arasında "Çöven" adıyla bilinmektedir. Çövenler içerdiği saponin (bir çeşit glikozit; biyosurfaktan) nedeniyle pek çok alanda kullanılmaktadır. Çöven, saponin ekstresi elde edilen bitkilere denilmekle beraber ekstrenin kendisine de denilebilmektedir (Özçelik ve Yıldırım, 2011). "Çöven" olarak bilinen bitkiler, değişik özelliklere sahip olması nedeniyle birçok bilim dalını ilgilendirmekte olup ilaç, gıda ürünü, temizlik ürünü olarak kullanılabilmesi nedeniyle gıdacıların, kimyacıların, eczacıların, peyzajcıların, tekstilci ve kuyumcuların ilgi alanı içerisindedir (İnan, 2006). Çövenin bileşiminde yer alan başlıca öğeler; şekerler, resinler ve triterpen sınıfında yer alan ve albo saponin olarak adlandırılan saponinlerdir (Baytop, 1984). Bitkiden elde edilen saponinin (biyosurfaktanın), Çevre Mühendisliği alanındaki uygulamaları ise son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Düşük toksisiteye sahip, doğada biyobozunur olan, biyolojik ayrışmayı arttıran, kolay üretimi ve tekrar kullanım olasılığı bulunan bitki kökenli biyosurfaktanlar; sızmaları ve deşarjları halinde ekosistemde ikincil kirliliğe neden olmamaktadırlar (Kiliç ve ark., 2011). Bitkisel kökenli biyosurfaktanların yani saponinlerin belirtilen bu avantajlarına

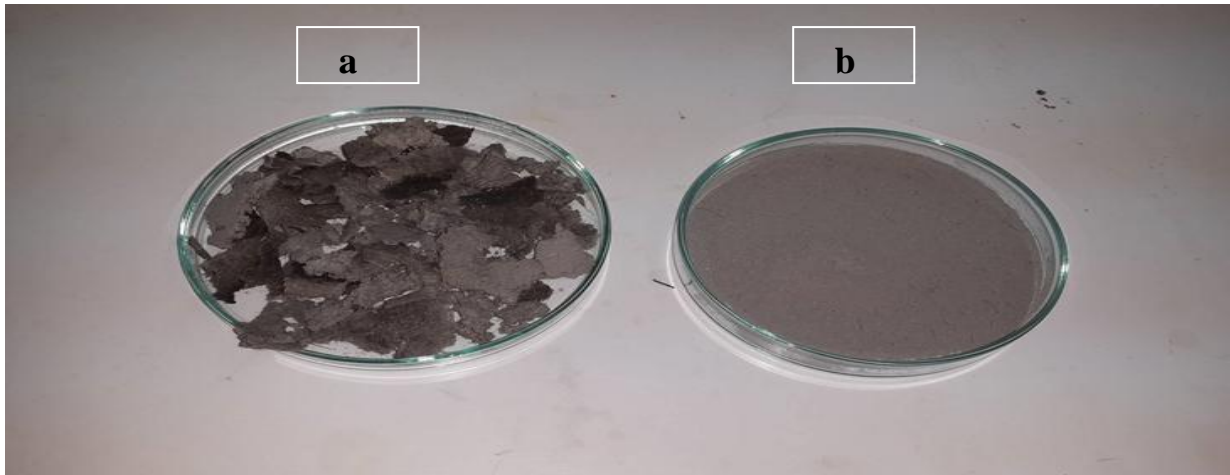
rağmen; arıtma çamurlarından kirletici madde giderimi üzerine saponin uygulaması olan çalışmalar halen oldukça sınırlı sayıdadır. Gao ve ark. (2013), saponinin çamurdan ağır metal giderimi için ekonomik, gelecek vaat eden ve yeniden kullanılabilir bir materyal olduğunu bildirmişlerdir. Kiliç ve ark. (2011), Quillaja bark bitkisinden türetilmiş saponin kullanarak deri endüstrisi arıtma çamurundan krom geri kazanma işlemini pH 2-3 aralığında gerçekleştirmişlerdir. Saponin kullanımı ile deri endüstrisi arıtma çamurundan yaklaşık olarak %24 Cr ekstrakte edilmiştir. Çöven bitkisinden elde edilen saponinin arıtma çamurları üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma bilgimiz dâhilinde bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, çok ciddi çevresel problemlere yol açan deri endüstrisinin yüksek metal ve nütrient içeriğine sahip arıtma çamurundan metallerin ve nütrientlerin çöven bitkisinden elde edilen saponin ile salınabilme potansiyeli araştırılmıştır. Türkiye çövenlerinin ekonomik amaçlı kullanım potansiyellerinin de ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Yoğunlaştırılmış arıtma çamuru

Deri endüstrisi arıtma çamuru, Isparta İli Deri Organize Sanayi Bölgesi Arıtma Tesisi yoğunlaştırma ünitesi çıkışından alınmıştır. Karakterizasyonun değişmemesi için arıtma çamuru örnekleri 4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Çamur örnekleri 44 saat 103±3 °C'de etüvde kurutulduktan sonra, öğütülerek 1 mm elekten elenmiştir. Kurutulan ve öğütülen çamur örnekleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Yoğunlaştırılmış deri endüstrisi çamuru; a. 44 saat 103±3 °C'de etüvde kurutulmuş çamur örneği, b. Kurutulan, öğütülen ve elekten elenen çamur örneği.

2.2. Analitik yöntem

Toplam katı madde (TKM), toplam uçucu katı madde (TUKM), toplam askıda katı madde (TAKM), toplam uçucu askıda katı madde (TUAKM) ve toplam fosfor (TP) deneyleri standart metot (APHA, 2005) izlenerek yapılmıştır. Spektrofotometre (DR/2000, Hach) ile kolorimetrik olarak NH_4^+ (Hach Nessler Metot) ve PO_4^{3-} (Hach Ascorbic Acid Metot) belirlenmiştir. Toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (TKOİ) ve çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) analizleri için parçalama işlemi uygulanmıştır (Hach Reactor Digestion Metot). Saponin çözeltisi ile hidroliz işleminin uygulanması sonrası santrifüj ve 0,45 μm membran filtrasyonu uygulanan sıvı

örneklerindeki toplam fosfor (TP), metal ve ağır metal analizleri SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan ICP-OES cihazı (Perkin Elmer, Optima 2100 DV) ile standart metot izlenerek gerçekleştirilmiştir (APHA, 2005). Deneyler ikişer kez tekrar edilerek, ortalamaları alınmıştır.

2.3. Saponin hidrolizi

Çalışmada kullanılan saponin, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı'ndan temin edilmiştir. Göller Yöresi endemiklerinden olan *Gypsophila arrostii* var. *nebulosa* (Beyşehir Çöveni) kullanılarak bitkisel biyosurfaktan (saponin) elde edilmiştir. *Gypsophila arrostii* var. *nebulosa* örneğinin toprak altı kısımları toplanarak, kök üzerindeki toprak, çakıl gibi kalıntılar temizlenmiştir. Kökler serin, gölge ve hava akımının olduğu bir ortamda kurutulmuştur. Kuruyan kökler makine marifetiyle kırılmıştır. Kırılmış haldeki bitkilerin kabuk ve öz bölgesi suda 5 saat kaynatılarak saponinin suda çözünmesi sağlanmıştır. Kaynatılan karışımın sıvı kısmı katı kısımdan süzülerek ayrılmıştır. Sıvı kısım püskürtmeli kurutucuya verilerek suyu buharlaştırılmış ve geriye kalan çok ince yapılı katı madde saponin olarak elde edilmiştir (Çelik ve ark., 2011).

Toz halinde temin edilen saponinden; saf su ile %5, %10 ve %20'lik saponin çözeltileri hazırlanmıştır. Saponin çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilen hidroliz testleri; 40 mL hacimde, 5/1 mL/g ve 10/1 mL/g olacak şekilde iki farklı sıvı/katı oranında, manyetik karıştırıcıda karıştırma hızı 300 rpm ve karıştırma süresi 3 saat süresince sabit tutularak gerçekleştirilmiştir. Her üç saponin çözeltisi için, belirlenen iki farklı sıvı/katı oranı ile çalışılmıştır. Tüm hidroliz testleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Hidroliz işlemi sonunda, 9000 rpm ve 20 dk süresince santrifüj işlemi uygulanmıştır. Santrifüj sonrası süpernatant, 0,45 µm membran filtreden süzölmüş ve süzöntüde NH_4^+ , PO_4^{3-} , metal ve ağır metal analizleri yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Yoğunlaştırılmış arıtma çamurunun karakterizasyonu

Isparta Deri Organize Sanayi Bölgesi Arıtma Tesisi yoğunlaştırma ünitesi çıkışından alınan yoğunlaştırılmış arıtma çamurunun karakterizasyonu Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Deri endüstrisi arıtma çamurunun karakterizasyonu.

Parametre	Yoğunlaştırılmış Çamur
TKM (%)	5,4
TUKM (%)	3,2
TAKM (%)	4,2
TUAKM (%)	2,1
TP (mg/kg)	1321±25,80
TKOİ (mg/L)	67850±9687,36
ÇKOİ (mg/L)	4355±3,73
Ca (mg/kg)	107000±1520
Mg (mg/kg)	3639±82,90
K (mg/kg)	2784±61,80
Na (mg/kg)	58730±990
Al (mg/kg)	4676±45,50
Fe (mg/kg)	1123±21,80
pH	7,41

Yoğunlaştırılmış çamurun katı madde içeriği %5,4'tür. Çamur, Ca, Mg, K, Na, Al ve Fe gibi pek çok elementi de barındırmaktadır.

Yoğunlaştırılmış çamurun ağır metal içeriği Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2'den görüleceği üzere yoğunlaştırılmış çamur, oldukça yüksek konsantrasyonda Cr içeriğine sahiptir (15850±74,80 mg/kg). Bununla birlikte, Cu hariç diğer ağır metal konsantrasyonları ölçüm limitlerinin altında bulunmuştur.

Tablo 2. Deri endüstrisi arıtma çamurunun ağır metal karakterizasyonu.

Ağır Metal (mg/kg)	Yoğunlaştırılmış Çamur
Cr	15850±74,80
Cu	11,20±0,45
Zn	^a
Pb	^a
Ni	^a
Cd	^a
Hg	^a

^a Ölçüm limitinin altı

3.2. Saponin hidrolizi ile çamurdan metal ve nütrient salınımlarının değerlendirilmesi

Saponin hidrolizi ile deri endüstrisi arıtma çamurundan salınan metal, ağır metal ve nütrient konsantrasyonları Tablo 3’de verilmiştir.

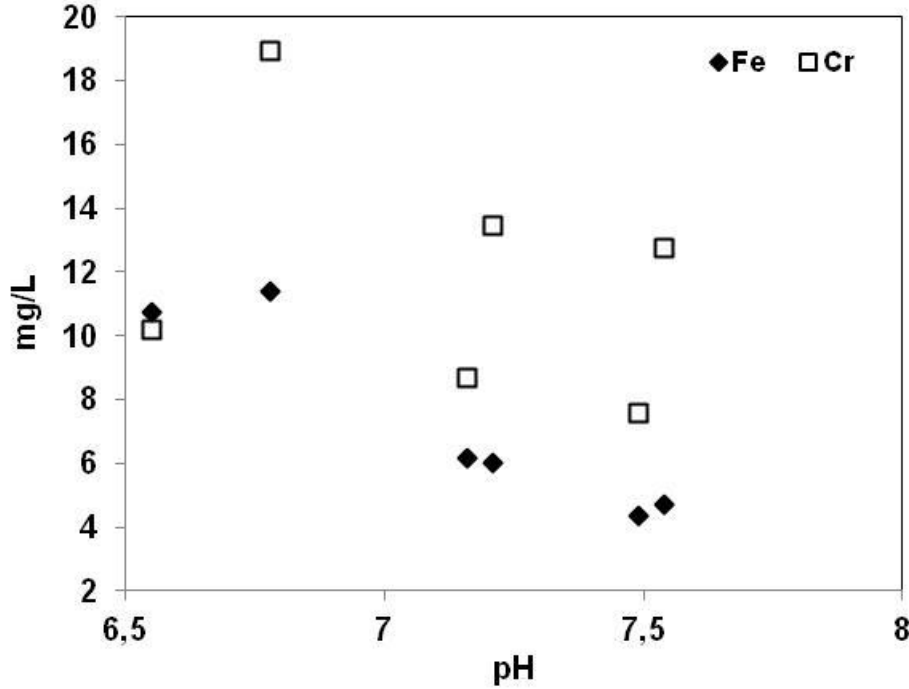
Saponin hidrolizi ile deri arıtma çamurunun ihtiva ettiği Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Zn ve Cr metal ve ağır metalleri salınım göstermiştir (Tablo 3). Salınımlar üzerine hem saponin çözelti konsantrasyonu hem de saponin/çamur oranı etkileri araştırılmıştır. Saponin çözelti konsantrasyonu arttıkça, arıtma çamurunun içerdiği metallerin salınan konsantrasyonlarının arttığı görülmüştür. Maksimum Cr salınımı, %20 saponin çözelti konsantrasyonunda ve 5/1 saponin/çamur oranında elde edilmiştir (4 nolu test şartları). Cr yanı sıra; Ca, Mg, Na, K, Al ve Fe salınım değerleri de 4 nolu test şartlarında en fazla olmuştur. Bu durum üzerine, saponin çözelti konsantrasyonunun artmasının etkisi önemli bir unsurdur. Literatür çalışmalarında da benzer sonuçlarla karşılaşmıştır. Gao ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada saponin çözelti konsantrasyonu 50 g/L’ye yükseldiğinde metallerin giderim verimlerinin en yüksek seviyede olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bizim çalışmamızda, saponin/çamur oranındaki azalmanın da metal salınımını pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Diğer literatür çalışmalarında bu durum detaylı bir şekilde çalışılmamıştır. Arıtma çamuruna saponin uygulamasının yapıldığı sınırlı sayıda çalışmada (Kiliç ve ark., 2011; Gao ve ark., 2013), genellikle metal salınımları incelenmiş, nütrient salınımları araştırılmamıştır. Yapılan bu çalışmada, nütrient salınımları da incelenmiştir (Tablo 3). Deri endüstrisi arıtma çamurları özellikle azot bakımından zengin olduğundan, saponin hidrolizi ile yüksek NH_4^+ salınımı gerçekleşmiştir. NH_4^+ ve PO_4^{-3} salınımları yönünden maksimum değerler %20 saponin çözeltisi konsantrasyonunda ve 10/1 saponin/çamur oranında (3 nolu test şartları) olmuştur. Bu şartlar altında, NH_4^+ salınımı 485,04 mg/L ve PO_4^{-3} salınımı 155,20 mg/L olarak elde edilmiştir. Görüldüğü üzere, metal ve ağır metal salınımları ile benzer şekilde yüksek saponin çözelti konsantrasyonunda nütrient salınımları da önemli derecede artmıştır.

Saponin çözeltisinin konsantrasyonu arttıkça, hidroliz sonrası kalan sıvının pH değeri düşmüştür (Tablo 3). Bu durumda, düşük pH değerlerinde yani yüksek saponin çözeltisi konsantrasyonlarında salınımların arttığını söylemek mümkündür.

Tablo 3. Saponin ile gerçekleştirilen hidroliz testleri sonrasında deri endüstrisi arıtma çamurundan salınan metal ve nütrient konsantrasyonları.

Test No	Saponin Çözeltilisi (%)	Saponin/Çamur Oranı (mL/g)	pH	Cr Salınımı (mg/L)	Ca Salınımı (mg/L)	Mg Salınımı (mg/L)	Na Salınımı (mg/L)	K Salınımı (mg/L)	Al Salınımı (mg/L)	Fe Salınımı (mg/L)	Zn Salınımı (mg/L)	NH ₄ ⁺ Salınımı (mg/L)	PO ₄ ⁻³ Salınımı (mg/L)
1	%5	10/1	7,49	7,58±0,09	954,5±26,05	211±4,91	6740±95,20	975±28,02	6,25±0,04	4,37±0,02	0,40±0,01	119,97±23,72	13,5±0,00
2	%5	5/1	7,54	12,78±0,20	1660,5±41,58	330±5,32	13435±184,38	1241,5±45,27	5,94±0,04	4,74±0,02	0,45±0,01	121,26±0,00	13,25±0,35
3	%20	10/1	6,55	10,19±0,18	1417±36,84	501,5±6,89	5980±87,38	2449,5±84,86	24,19±0,21	10,75±0,05	0,80±0,01	485,04±72,97	155,2±0,00
4	%20	5/1	6,78	18,95±0,23	2531±65,57	772,5±9,46	14655±191,63	3245,5±96,21	30,16±0,38	11,42±0,06	0,63±0,01	393,45±12,77	82,2±2,55
5	%10	10/1	7,16	8,73±0,10	1066,5±31,4	289,5±5,10	5820±85,76	1281,5±46,23	10,56±0,09	6,17±0,03	0,42±0,01	245,1±14,59	47,5±7,78
6	%10	5/1	7,21	13,46±0,20	1901±49,53	437,5±6,05	12930±178,65	1707±53,04	13,57±0,10	6,03±0,03	0,37±0,01	248,97±1,82	22±1,41

Farklı pH değerlerinde elde edilen Cr ve Fe salınımları Şekil 2’de gösterilmiştir. Ağır metallerin yüksek salınımları, düşük pH değerlerinde ve hidroliz işlemine kullanılan çamur miktarının arttığı durumlarda gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Farklı pH değerlerindeki ağır metal salınımları.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kullanılan yoğunlaştırılmış deri sanayi arıtma çamuru, $15850 \pm 74,80$ mg/kg olarak oldukça yüksek Cr içeriğine sahiptir. Kiliç ve ark. (2011), susuzlaştırılmış deri endüstrisi arıtma çamurunun Cr içeriğini 8041 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Cr içeriği yanı sıra, çalışmamızda kullanılan deri arıtma çamurunun Ca, Mg, K, Al ve Fe içeriklerinin de yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmada kullanılan saponin çözeltilerinin pH değerleri (%5 saponin çözeltisi pH değeri 4,84 ve %20 saponin çözeltisi pH değeri 4,03) olduğundan dolayı; saponin ile hidroliz işlemlerinin nispeten yüksek pH değerlerinde gerçekleştiği söylenebilecektir. Saponin hidrolizi ile yüksek konsantrasyonlarda metal ve nütrient salınımları gerçekleşirken, özellikle ağır metal salınımları nispeten düşük değerlerde olmuştur. Ağır metallerin salınımını artırmak için, bazı çalışmalarda saponin çözeltisine ek olarak asit eklenerek pH değeri 2 civarına getirilerek, metallerin çözünürlüğü artırılmaya çalışılmıştır (Kiliç ve ark., 2011). Bu çalışmanın çıktıları, saponin çözelti konsantrasyonunun artmasıyla metal ve ağır metal salınımlarının arttığını göstermiştir. Bu durum üzerine, saponin çözelti konsantrasyonunun artmasıyla hidroliz edilen çamur sıvısının pH değerinin azalması etkili olmaktadır. Düşük pH değerlerinde ağır metal salınımı artmaktadır. Benzer şekilde, Gao ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada biyosurfaktan konsantrasyonunun artması ve pH değerinin azalması ile genellikle ağır metal giderim verimlerinin arttığını bildirmişlerdir. Bu göstergeler, bundan sonra planlanan saponin ile yapılacak çalışmalarda daha yüksek saponin çözelti konsantrasyonlarının uygulanmasının gerekli olduğunu bize göstermiştir. Aynı zamanda, saponin ile hidroliz süresinin artmasının da pozitif

etki göstereceği düşünüldüğünden 3 saatten daha uzun (≥ 6 saat) karıştırma sürelerinde çalışılması planlanmıştır.

Ek olarak, şu ana kadarki ilgili literatür çalışmalarında arıtma çamurlarına saponin uygulanarak çoğunlukla metal ve ağır metal salınımları araştırılmıştır. Saponin hidrolizi ile nütrient bakımından zengin arıtma çamurlarının değerlendirilmesi literatürde az sayıda çalışmada ele alınmıştır (Luo ve ark., 2013; Huang ve ark., 2015). Çalışmamız, azot bakımından zengin deri endüstrisi arıtma çamurlarına saponin uygulanmasının nütrient salınımı üzerine oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, nütrient geri kazanımı üzerine ileride yapılacak çalışmalarımız açısından bize önemli bir bakış açısı kazandırmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Tübitak 2241-A Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi destekleme programı kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- APHA, AWWA, WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed., Washington, DC.
- Avudainayagam, S., Megharaj, M., Owens, G., Kookana, R.S., Chittleborough, D., Naidu, R., 2003. Chemistry of Chromium in Soils with Emphasis on Tannery Waste Sites. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 178, 53–91.
- Baytop, T., 1984. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün). İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 3255, Eczacılık Fakültesi Yayınları, No: 40, 520s, İstanbul.
- Chandra, P., Kulshreshtha, K., 2004. Chromium Accumulation and Toxicity in Aquatic Vascular Plants. The Botanical Review, 70 (3), 313–327.
- Chuan, M.C., Liu, J.C., 1996. Release Behavior of Chromium from Tannery Sludge. Water Research, 30 (4), 932–938.
- Çelik, A., Özçelik, H., Özmen, İ.H., Özgökçe, F., Korkmaz, M., Muca, B., 2011. Türkiye *Gypsophila* L. ve *Ankyropetalum Fenzl* (Caryophyllaceae) Cinslerinin Revizyonu ve Saponin Düzeylerinin Belirlenmesi. TUBITAK, TBAG 107T147 no.lu proje.
- Downing, A.L., 1981. Industrial Waste water Treatment Course Notes. Delft, Holland.
- Gao, L., Kano, N., Imaizumi, H., 2013. Concentration and Chemical Speciation of Heavy Metals in Sludge and Removal of Metals by Bio-Surfactants Application. Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 7, 1188–1202.
- Huang, X., Shen, C., Liu, J., Lu, L., 2015. Improved Volatile Fatty Acid Production during Waste Activated Sludge Anaerobic Fermentation by Different Bio-Surfactants. Chemical Engineering Journal, 264, 280–290.
- İnan, M., 2006. Çukurova Koşullarında Farklı Kökenli Çöven (*Gypsophila sp.*) Türlerinde Kök Verimleri ve Saponin İçeriklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Kiliç, E., Font, J., Puig, R., Çolak, S., Çelik, D., 2011. Chromium Recovery from Tannery Sludge with Saponin and Oxidative Remediation. Journal of Hazardous Materials, 185, 456–462.
- Lopez, A., Rotunno, T., Palmisano, F., 1991. Simultaneous Determination of Chromium, Aluminum, and Iron in Tannery Sludge Acid Extracts by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography. Journal of Environmental Science and Technology, 25, 1262–1266.

- Luo, K., Ye, Q., Yi, X., Yang, Q., Li, X.M., Chen, H.B., Liu, X., Zeng, G.M., 2013. Hydrolysis and Acidification of Waste-Activated Sludge in the presence of Biosurfactants Rhamnolipid: Effect of pH. *Applied Microbiology Biotechnology*, 97, 5597–5604.
- Macchi, G., Pagano, M., Pettine, M., Santori, M., Tiravanti, G., 1991. A Bench Study on Chromium Recovery from Tannery Sludge. *Water Research*, 25 (8), 1019–1026.
- Özçelik, H., Yıldırım, B., 2011. Türkiye Çövenlerinin (*Gypsophila* L. ve *Ankyropetalum* Fenzl spp.) Ekonomik Önemi, Kullanım Olanakları ve Korunması Üzerine Düşünceler. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 12, 57–61.
- Özdemir, C., Dursun, Ş., Argun, M.E., Karataş, M., Doğan, S., Özcan, R., Çiçek, S., 2004. Deri Endüstrisi Atıksularındaki Krom (VI) Arıtımında Alternatif Yöntemler. 1. Ulusal Deri Sempozyumu, Ege Üniversitesi, Cilt 1, 353–358, İzmir.
- Ramasami, T., Rajamani, S., Raghava Rao, J., 1994. Pollution Control in Leather Industry: Emerging Technological Options. Paper presented at International Symposium on Surface and Colloid Science and Its Relevance to Soil Pollution, Madras (India).
- Shen, S.B., Tyagi, R.D., Blais, J.F., 2001. Extraction of Cr(III) and Other Metals from Tannery Sludge by Mineral Acids. *Environmental Technology*, 22 (9), 1007–1014.
- Souza e Silva P.T. et al., 2006. Extraction and Recovery of Chromium from Electro-Plating Sludge. *Journal of Hazardous Materials*, 128 (1), 39–43.
- Yıldız, Ş., Yılmaz, E., Ölmez, E., 2009. Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneği. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu. 15-17 Haziran, İstanbul, Türkiye.
- Zhou, S.G., Zhou, L.X., Wang, S.M., Fang, D., 2006. Removal of Cr from Tannery Sludge by Bioleaching Method. *Journal of Environmental Sciences*, 18 (5), 885–890.