



**DERİ ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ BAŞYAYLA (KARAMAN) YÖRESİ
PEKMEZ TOPRAĞI KULLANILARAK ARITILABİLİRLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

*(INVESTIGATION OF TREATABILITY OF TANNERY WASTEWATER USING
BASYAYLA (KARAMAN) REGION GRAPE MOLASSES SOIL)*

**Celalettin ÖZDEMİR*, M. Emin ARGUN*, Şükrü DURSUN*,
Mustafa KARATAŞ*, Selim DOĞAN*, Mustafa ALBAYRAK****

ÖZET/ABSTRACT

Atık suların arıtılmasında alternatif arıtım yöntemleri her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmalara ve pratikteki uygulamalarına bakıldığında ilginin uygulanması kolay, ekonomik ve yüksek verime sahip yöntemler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışmalarımızda Başyayla yöresi pekmez toprağı olarak bilinen ve pekmez yapımında çöktürme amaçlı olarak kullanılan kalsit ağırlıklı işlem görmemiş toprak numunesi kullanılmıştır. Bu bağlamda yaptığımız çalışmada toprak numunesinin kimyasal yapısı incelenerek arıtmada kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda bir deri endüstrisi atık sularından kompozit olarak alınan numunede, KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), AKM (Askıda Katı Madde), krom (VI) ve toplam krom parametrelerinin giderimi üzerine çalışılmıştır. Atık su numunesinde 2000 mg/L dozda ve pH 6'da %80'in üzerinde verimler elde edilmiştir.

Alternative wastewater treatment methods were developed in recent years. According to experimental and practical applications, scientist's interest is focus on easy applicable, economical and optimum efficiency methods. In our experiments raw soil sample known as Basyayla region grape molasses soil was used. In this content, we investigated chemical structure of soil sample and its usage in water treatment. This soil which constituted of mostly calcite was used for sedimentation for making grape molasses. Experimental studies were taken place on removal of COD (Chemical Oxygen Demand), SS (Suspended Solid), chromium (VI) and total chromium from composite sample of the tannery wastewater. About 80 percent removal efficiency was obtained for wastewater sample for 2000 mg/L dosage and pH 6.

ANAHTAR KELİMELER/KEY WORDS

Deri endüstrisi, içme suyu, pekmez toprağı, kalsit, verim.
Tanning industry, drinking water, grape molasses soil, calcite, efficiency.

* SÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, KONYA

** MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği ve neden olduğu zararlarının azaltılması uzun zamandır üzerinde çok çalışılan bir konudur. Atık suların kirleticilerinin giderim problemleri hızlı endüstrileşme ile birlikte büyümektedir. Bir çok canlı ve organizma için toksik etkileri olan ağır metaller, yağlar, AKM, organik madde ve benzeri diğer kirleticiler deri endüstrisi, tekstil endüstrisi, boya ve baskı endüstrisi, gıda endüstrisi gibi bir çok endüstriden kaynaklanmaktadır. Yoğun kirlilik içeren atık suların ve içme sularının arıtımında kullanılan kimyasallar fazla debilerde önemli maliyetler oluşturmaktadır. İşletme açısından maliyet ve temin kolaylığı dikkate alındığında, arıtmada kullanılan kimyasal çeşitleri daralmaktadır. Bu kimyasalların ucuz, verimli ve kolay bulunabilmesi üzerinde durmak gerekmektedir.

Deri endüstrisinde ham deriler bir dizi işlemlerle mamul deri haline getirilmektedir. Bu işlemler sırasında bir çok kimyasal madde, yardımcı madde ve su kullanılmaktadır. Kullanılan su ve kimyasal madde miktarı, deri çeşidine, teknolojiye ve tabakhanenin alet, ekipman durumuna göre değişmektedir (Şengül, 1991). Oluşan sıvı atıklar da, endüstriyel atık suların en önemlileri arasında yer almaktadır. Deri atık sularından kaynaklanan kirletici parametreler krom (VI), toplam krom, KOİ, BOİ, AKM, sülfür, yağ ve grestir (Türkiye Çevre Vakfı, 1992).

Bu kirletici parametrelerden biri olan askıda ve çökelebilen katı maddeler atık sularla yüzeysel sulara taşındıklarında zamanla çökerek dipte çamur oluşturmaktadır, bu da göl ve barajların dolmasına, oksijen dengesinin bozulmasına ve bulanıklığa kadar bir çok soruna neden olmaktadır. Atık suların KOİ ve AKM'nin giderilmesi için fiziksel, kimyasal/fizikokimyasal (Pehlivanoğlu vd., 1998; Vlyssides vd., 1997) veya biyolojik (Farabegoli vd., 2004) işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemlerin belirlenmesinde katı maddelerin yoğunlukları, organik madde içerikleri ve partikül boyutları gibi özellikleri belirleyici olur.

Diğer bir kirletici parametre olan krom, kirlenmiş sularda hem katyon, hem de anyon (kromat, bikromat veya kromik asit) olarak bulunabilir. Anyon formu katyon formundan daha etkindir. Balıklar için toksisite sınırı 28-80 mgCr/L, içme suyunda ise 0,05 mg/L'dir (Topbaş vd., 1998). İnsanların günlük besinlerle alması kabul edilebilir krom düzeyi 0,05-0,2 mg/gün civarındadır (Food and Nutrition Board, 1989). Ayrıca kromun toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimi de söz konusudur (Diane, 2000).

Giderim yöntemleri genellikle Cr^{+6} 'nın Cr^{+3} 'e indirgendikten sonra hidroksit şeklinde çökmesine dayanır. İndirgeme için pH aralığı 2-3 aralığına getirilmelidir. Bu aşamadan sonra indirgeyici bir madde ile (SO_2 , $NaHSO_3$, $Na_2S_2O_3$, Na_2SO_3) Cr^{+6} , Cr^{+3} haline indirgenir. İkinci kademedeki nötralizasyon ve OH^- ile çökeltme sağlanır (Tünay vd., 1991). Diğer giderim yöntemleri elektrokimyasal çökeltme (Kongsricharoen vd., 1999), iyon değiştirme (Tiravanti vd., 1997); adsorpsiyon (Dakiky vd., 2002; Dahbi vd., 1999); solvent ekstraksiyonu (Pagilla vd., 1999); membran yöntemi ile ayırma (Chakravarti vd., 1995); köpük ile ayırma, ters osmoz, mikroorganizmalar üzerinde adsorplama ve buharlaştırma (Aksu vd., 1990; Aksu vd., 1996) sayılabilir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullanılan toprak numunesinin alındığı bölge $36^{\circ} 45'$ kuzey enlemi ve $32^{\circ} 41'$ doğu boylamında kalan Karaman ilinin Başyayla ilçesidir. Toprak bölgede bol miktarda bulunmakta ve insanlar tarafından pekmez yapımı işlemlerinde kullanılmaktadır. Temini kolay ve ekonomiktir. Toprağın pekmez yapımında kullanılma amacı, kaynatma sırasında sıcaklık $40 - 50^{\circ}C$ olduğunda toprak atarak kazandaki üzüm kırıntı, kabuk ve diğer

partiküllerin tabana çökmesidir. Bu özelliklerinden dolayı, işlem görmemiş toprak numunesinin su ve atık su arıtımında kullanılabilirliği üzerine çalışma yapılmıştır.

Su numuneleri deri fabrikası atık suyundan alınan kompozit numunelerdir. Deri fabrikasından alınan atık su numunesinde KOİ, AKM, krom (VI) ve toplam krom parametrelerinin giderim verimleri üzerinde çalışılmış olup Çizelge 1’de bu atık suyun karakterizasyonu verilmiştir.

Çizelge 1. Deri endüstrisi atık suyu karakterizasyonu

Parametreler	pH	KOİ (mg/L)	AKM (mg/L)	Krom (VI) (mg/L)	T. Krom (mg/L)
Değer	6,95	15016	10080	7,504	7,784

Toprakla ilgili analizler MTA laboratuvarında yapılmıştır. Toprak numunelerinin kimyasal analizleri Rigaku RIX 3000 X-Ray Spektrofotometre cihazında yapılmıştır.

KOİ, Cr⁺⁶ ve toplam krom tayinlerinde Dr Lange Cadas 200 marka UV Visible spektrofotometre kullanılmıştır. pH ölçümleri JENVAY 3010 pH meter ile yapılmıştır. AKM tayininde Vatman 01 filtre kağıdı kullanılarak gravimetrik analiz yapılmıştır. pH ayarlamaları için Merc kalite NaOH ve HCl kimyasalları kullanılmıştır (Clesceri vd., 1989).

Deneyler Jar Testi düzeneğinde yapılmıştır. Jar Testi için 4 adet behere sırası ile 1000 ml numune konulmuş ve içlerine artan dozlarda toprak ilave edilmiştir, hızlı karıştırma süresi 5 dk (180 dev/dk), yavaş karıştırma süresi 20 dk (30 dev/dk) ve çökme süresi 10 dk olarak seçilmiştir. Verimin maksimum olduğu doz belirlenmiş ve daha kesin bir sonuç elde edebilmek için bu dozun altında ve üstündeki dozlarda da deneyler yapılarak optimum doz belirlenmiştir. Daha sonra herbir behere belirlenen dozda toprak konularak değişik pH’larda deneyler yapılmış ve maksimum verimin elde edildiği pH bulunmuştur. Son olarak da sıcaklığın etkisini belirlemek amacı ile optimum doz ve pH’da değişik sıcaklıklar denenmiştir.

3. SONUÇLAR

Başyayla yöresi pekmez toprağında yapılan analizlerde kimyasal bileşiminin % 46,25’inin CaO’dan oluştuğu tespit edilmiştir. Toprak içerisinde CaO ve CO₂ bileşikleri CaCO₃ (CaO.CO₂) şeklinde bulunmaktadır. Schroo (1963) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre yüksek miktarda kireç ihtiva eden topraklar içerisinde yer almaktadır.

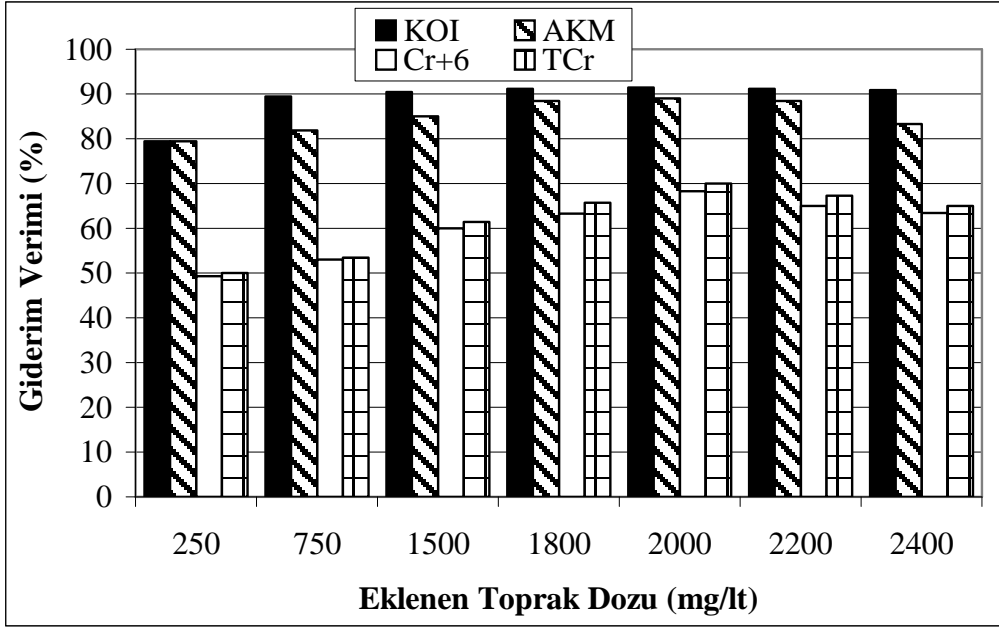
Pekmez toprağının kimyasal bileşenlerini ve özelliklerini belirlemek amacı ile yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Pekmez toprağı kimyasal analiz sonuçları

Parametre	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	CO ₂
Miktarları (% olarak)	0,01	0,6	2,31	12,17	0,02	0,26	46,25	0,16	0,03	1,3	1,5	34,80

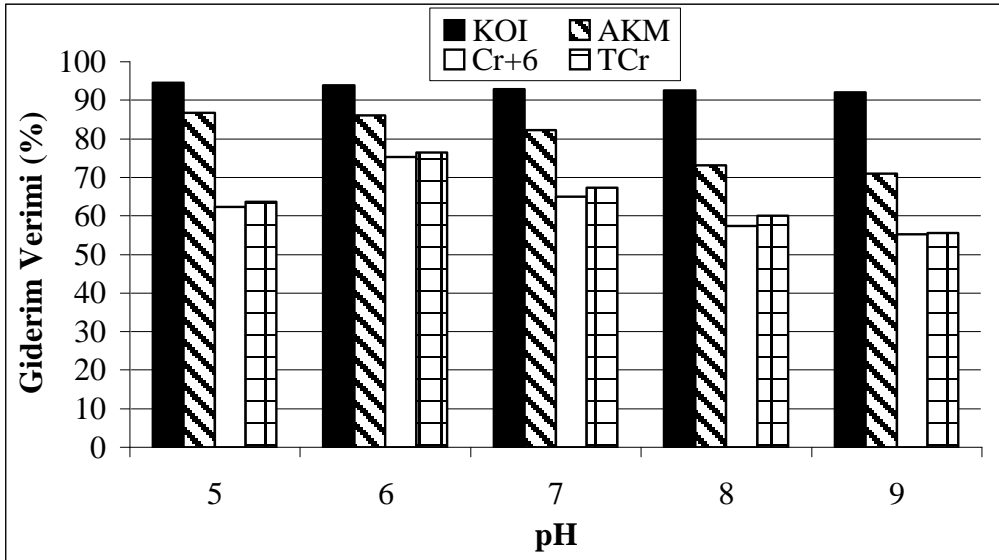
Pekmez toprağının optimum dozunu belirlemek amacı ile deri endüstrisi kompozit atık su numuneleri ile Jar Testleri yapılmıştır. Atıksu numunesinin arıtma işleminden önceki KOİ, AKM, krom (VI) ve toplam krom değerleri sırası ile 15016 mg/L, 10080 mg/L, 7,504 mg/L ve 7,784 mg/L olarak ölçülmüştür. Buna göre ilk yapılan deneyde optimum doz 2000 mg/L olarak bulunmuş, daha sonra ise 2000 mg/L’nin altında ve üstündeki dozlarda verimin nasıl değiştiğini belirleyebilmek amacı ile ayrı bir deney daha yapılmıştır.

Şekil 1'e göre her iki doz belirleme çalışmasında da en iyi verimler 2000 mg/L'lik dozda gerçekleşmiş olup, KOİ, AKM, Cr⁺⁶ ve toplam krom parametreleri için sırası ile % 91,4, % 89, % 68,3 ve % 70 olarak bulunmuştur.



Şekil 1. Doz belirleme çalışmasında elde edilen verimler

Optimum doz belirlendikten sonra pH'nın etkisini belirlemek amacıyla değişik pH'larda çalışmalar yapılmıştır. Farklı pH değerlerinde yapılan çalışmalardan elde edilen verimler Şekil 2'de verilmektedir. Buna göre ortalama verim değerleri en yüksek olan pH 6 optimum pH olarak belirlenmiştir. KOİ, pH değişimlerinden fazla etkilenmezken, AKM, krom (VI) ve toplam krom etkilenmektedirler.



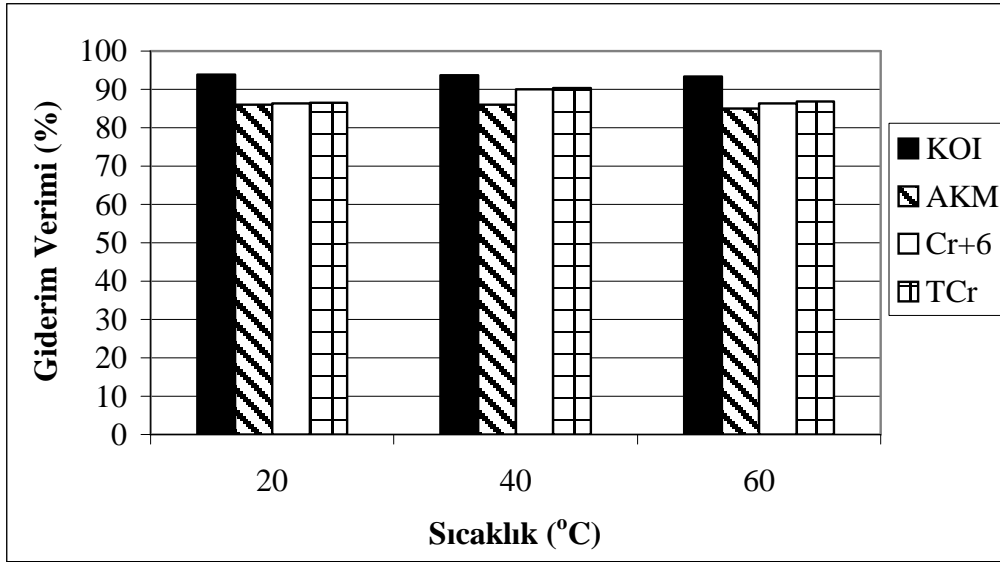
Şekil 2. 2000 mg/lt sabit dozda farklı pH değerlerinin verime etkisi

En yüksek verim pH 6'da KOİ, AKM, krom (VI) ve toplam krom için sırası ile % 93,8, % 86, % 75,3 ve % 76,5 olarak elde edilmiştir. KOİ ve AKM için pH 5'de verim biraz daha iyi

olmakla birlikte (% 94,5 ve 86,8), krom (VI) ve toplam krom parametrelerinde verimler düşmüştür (% 62,3, % 63,6). pH 7'de verimler sırası ile % 92,8, % 82,3, % 60, % 61,5 'dir. PH 8'de verimler sırası ile % 92,4, % 78,2, % 57,3 ve % 60 olmuştur. pH 9'da ise verimler % 92, % 71, % 55,2, % 55,5 olarak gerçekleşmiştir.

Sıcaklığın verime etkisini belirlemek için de farklı sıcaklıklarda bir deney yapılmıştır. Sıcaklık artışının giderim verimini çok fazla etkilemediği Şekil 3'den anlaşılmaktadır. Ancak maksimum verimler sıcaklık 40°C iken elde edilmiş ve KOİ, AKM, krom (VI) ve toplam krom giderim verimleri sırası ile % 93,6, % 86, % 90, % 90,4 olarak elde edilmiştir.

Bu değerlere göre elde edilen verimler Şekil 3'de bar-grafik halinde verilmektedir. Buna göre sıcaklıktaki değişime bağlı olarak verimlerde büyük farklılıklar olmadığı görülmektedir.



Şekil 3. Değişik sıcaklıklarda yapılan deneylerden elde edilen giderim verimleri

4. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı ekonomik, temini ve uygulanması kolay bir madde olan pekmez toprağının atık su arıtımında kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Deri atık suyu ile yapılan deneylerde KOI, krom (VI) ve toplam krom parametrelerinin 2000 mg/L pekmez toprağı dozunda pH 6'da maksimum oranda giderildikleri belirlenmiştir. Elde edilen verimler sırası ile % 93,8, 86,3 ve % 86,5 olmuştur. AKM için durum biraz farklıdır. AKM için maksimum giderim oranlarına 2000 mg/L dozda % 86,8 verim ile pH 5'de ulaşılmıştır. Bununla birlikte bütün parametreler göz önüne alındığında optimum verimin 2000 mg/L dozda, pH 6'da elde edildiği görülmüştür. Sıcaklık değişiminin verim üzerinde çok fazla etkisi olmamakla birlikte düşük sıcaklıklarda (20°C ve 40°C'de) verim biraz daha fazla olmaktadır. Bu da giderim mekanizmasında fiziksel adsorpsiyonun da rol oynadığını ortaya çıkarmaktadır.

Bazı araştırmacılar atık su arıtımında farklı metotları kullanmışlardır. Pehlivanoğlu vd. (1998) deri endüstrisi atık sularında kimyasal olarak KOI giderimini çalışmışlar, bu amaçla Alum $[(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)]$, $FeSO_4$ ve $FeCl_3$ kimyasallarını kullanarak sırası ile maksimum KOI giderim verimlerini % 68, % 71 ve % 69 olarak elde etmişlerdir. Kimyasal ve biyolojik arıtmanın ardışık olarak yapıldığı bir çalışmada da (Di Iaconi vd., 2001) KOI ve Toplam Askıda Katı Madde (TAKM) için sırası ile % 97 ve % 99,9'luk verimler elde edilmiştir. Deri atık sularının elektroliz ile arıtımını amaçlayan başka bir çalışmada (Vlyssides vd., 1997) KOI için % 83, TAKM için % 26 ve çözünebilir krom için % 100'lük verimler elde edilmiştir. Ancak aynı çalışmada enerji tüketim maliyetinin çok fazla olduğu belirtilmiştir.

Elektrokimyasal çöktürme ile krom giderimini çalıştıran Kongsricharoern vd. (1999) % 99'lara varan verimler elde etmişlerdir. Adsorpsiyon ile krom giderimini çalıştıran Dakiky vd. (2002) 100 ppm Cr^{+6} içeren çözeltiden kromu % 81 oranında gidermişlerdir. Pagilla vd. (1999) çözelti ekstraksiyonu ile krom giderimini çalıştırmışlar ve % 73 - 80 arası verimler elde etmişlerdir.

Yukarıda verilen çalışmalarda giderim verimleri yüksek olan proseslerin işletme maliyetlerinin de yüksek olması önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir. Buna karşılık çalışmamızda kullanılan pekmez toprağının doğal bir madde olması, bol bulunması kolay elde edilmesi ve ekonomik olması ise en önemli avantajlarıdır. Bu çalışmada KOİ, AKM, krom (VI) ve toplam krom giderimi için maksimum verimler sırası ile % 94,5, % 86,8, % 86,3, % 86,48 olarak gerçekleşmiştir. KOİ'de elde edilen verimin AKM için elde edilen verimden daha yüksek olması pekmez toprağının giderim mekanizmasının organik maddeler üzerinde daha etkili olması ve bundan dolayı AKM'ye neden olan bazı çözünmüş anorganik minerallerin giderilememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çizelge 3'de de görüldüğü üzere sadece pekmez toprağı ile işlem görmüş atık su numunesinin toplam kromun haricindeki parametreler için deşarj limitlerini sağlamamaktadır. Ancak bir arıtma tesisinde atık suyun ön çöktürme/kum tutucu ve filtrasyon gibi ilave işlemlerden geçeceği düşünüldüğünde bu değerlerin deşarj limitlerini sağlayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 3. Ham ve işlem görmüş atık su numunesinin deşarj limitleri ile karşılaştırılması
(2 saatlik kompozit numune için)

Parametreler	pH	KOİ (mg/L)	AKM (mg/L)	Krom (VI) (mg/L)	T. Krom (mg/L)
Atıksuda	6,95	15016	10080	7,504	7,784
İşlem görmüş suda	6	826	1331	1,028	1,052
Deşarj limiti*	6-9	250	200	0,5	3

* Türkiye Çevre Vakfı, 1992

Pekmez toprağının Çizelge 2'de verilen kimyasal yapısına bakıldığında giderim mekanizmaları hakkında fikir edinmek mümkündür. Pekmez toprağının yapısında en çok bulunan bileşikler $CaCO_3$ (kalsit) ve SiO_2 (quartz) dir. pH 5-9 arasında değiştirilmiştir, dolayısı ile ortamda ağırlıklı olarak HCO_3^- ve CO_3^{2-} bulunmaktadır. Bu durumda CaO , $Ca(OH)_2$ şeklinde veya $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2CaCO_3 + 2H_2O$ denklemi gereğince $CaCO_3$ şeklinde çökelmiştir. Ayrıca toprak numunesinde bulunan alüminyum ve demir oksitler, alüminyum hidroksit ve demir hidroksitler halinde çökelebilmektedirler. Bu çökeltme esnasında gerek sıyırma etkisi ile, gerekse adsorpsiyon mekanizması ile AKM, ağırmetaller ve organik maddelerin bir kısmı giderilebilmektedir (Benefield vd., 1979). Toprak numunesinde kil minerallerinin ana bileşenleri olan SiO_2 (%12), MgO (% 0,6) ve Al_2O_3 (% 2,31) bulunmaktadır. Kil minerallerinin adsorplayıcı özelliği sayesinde de kirletici parametrelerin bir kısmı giderilebilmektedir. Kil minerallerindeki Si-O-Si bağlarının kırılması sonucu oluşan Si-OH grupları bazı organik reaktiflerle kovalent bağ oluşturma yeteneğine sahiptirler (Serratos, 1978). Ayrıca magnezyum iyonları ile koordine olmuş su molekülleri hidrojen bağları ile adsorpsiyon yapabilmektedirler.

Sonuçlar göstermektedir ki; işlem görmemiş pekmez toprağı numunesi arıtma işlemleri için kullanılabilir. Ayrıca daha ileri çalışmalarla arıtma kapasitesinin artırılması yönünde çalışmalar da yapılacaktır.

KAYNAKLAR

- Aksu Z., Kutsal T. (1990): "A comparative study for biosorption characteristics of heavy metal ions with *C. Vulgaris*", Environ. Technol. Vol. 11, p. 979-987.
- Aksu Z., Ozer D., Ekiz H., Kutsal T., Calar A. (1996): "Investigation of biosorption of chromium VI on *C. Crispata* in two-staged batch reactor", Environ. Technol. 17, 215-220. 33, 938-944.
- Benfield L., Judkins J., Weand B. (1979): "Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment", Prentice-Hall, NJ.
- Chakravarti A.K., Chowdhury S.B., Chakrabarty S., Chakrabarty T., Mukherjee D.C. (1995): "Liquid membrane multiple emulsion process of chromium VI separation from wastewaters", Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects Vol.103, p. 59-71.
- Clesceri L. S., Creenberg A. E., Trussell R. R. (1989): "Standart Methods For The Examination Of Water and Waste Water", American Puplic Health Association, Washington, DC.
- Dahbi S., Azzi M., De la Guardia M. (1999): "Removal of hexavalent chromium from wastewaters by bone charcoal", Fresenius J. Anal. Chem. Vol. 363, p. 404-407.
- Dakiky M., Khamis M., Manassra A., Mer'eb M. (2002): "Selective Adsorption of Chromium (VI) in Industrial Wastewater Using Low Cost Abundantly Available Adsorbents", Advences in Environmental Research, Vol. 6, I. 4.
- Diane M. (2000): "Is Chromium a Trace Essential Metal", Biofactors, Vol.11, Issue 3, p 142.
- Di Iaconi C., Lopez A., Ramadori R., Di Pinto A, C., Passino R. (2001): "Combined Chemical and Biological Degredation of Tannery Wastewater by a Periodic Submerged Filter (SBBR)", Water Research, Vol. 36, p. 2205-2214.
- Farabegoli G., Carucci A, Majone M., Rolle E. (2004): "Biological treatment of tannery wastewater in the presence of chromium", Journal of Environmental Management Vol. 71 p. 345-349
- Food and Nutrition Board (1989): Subcommittee on the Ninth Edition of The RDAS, National Research Council, Recommended Dietary Allowances, 10th. Ed. Natl. Acad. Acad. Pres, Washington, DC.
- Kongsricharoen N., Polprasert C. (1999): "Chromium removal by a bipolar electro-chemical precipitation process", Water Science and Technology, Vol. 34, Issue 9.
- Pagilla K., Canter L.W. (1999): "Laboratory studies on remediation of chromium-contaminated soils", J. Environ. Eng. 125 (3), p. 243-248.
- Pehlivanoglu E., Ertas T. T., Tanik A., Kutahya A. (1998): "Chemical Treatability Of Dyeing Bath wastewaters In Textile Industry", First International Workshop On Enviromental Quality And Enviromental Engineering In The middle East Region, p. 671-677, Konya, Turkey.
- Serratos J.M. (1978): "Surface Properties of Vibrous Clay Minerals (Polygorskite and Sepiolite)", Proc. 1979 Int. Clay Conf., Oxford. Elsevier, p. 99-109.
- Schroo H. (1963): "An Inventory Of Soils and Suitabilites In West Irion", I. Nether Lands Journal of Agricultural Science, Vol. 11, p 308-333.
- Şengül F. (1991): "Endüstriyel Atık Suların Özellikleri ve Arıtılması", Dokuz Eylül Üniv. Müh. Fak. Yayınları, İzmir
- Tiravanti G., Petruzzelli D., Passino R. (1997): "Pretreatment of tannery wastewaters by an ion exchange process for Cr III removal and recovery", Water Sci. Technol. Vol. 36, p. 197-207.
- Topbaş M. T., Brohi A. R., Karaman M. R. (1998): "Çevre Kirliliği", T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, Türkiye.

Türkiye Çevre Vakfı (1992): “Türk Çevre Mevzuatı”, Cilt I, II, Ankara, Türkiye.

Tünay O., Övez S., Alp K., Şakar S., Sunter İ. (1991): “Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtılması”, Teknoloji İletimi Semineri No: 1, İSO-SKATMK, İstanbul, Türkiye.

Vlyssides A. G., İsrailides C. J. (1997): “Detoxification of Tannery Waste Liquors With an Electrolysis Siystem”, Environmental Pollution, Vol. 97, p. 147-152.