



SIVI NÜKLEER ATIKLARDAN STRONSIYUMUN UZAKLAŞTIRILMASINDA HİDROLİZLENMİŞ POLİAKRİLONİTRİL FİBERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Uğraş Kaplan*, Yüksel Altaş

Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, 35100 Bornova-İzmir

Bu çalışmada poliakrilonitril fiber(PANF), alkali hidrolizleme yöntemi kullanılarak sodyum ve potasyum hidroksit çözeltisi ile ayrı ayrı hidrolizlenmiş, hidrolize poliakrilonitril fiberler(HPANF) elde edilmiştir. Hazırlanan bu iki tip hidrolize fiber stronsiyum adsorplama kapasitesi açısından karşılaştırılmış ve KOH çözeltisi ile hidrolizin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Hidrolizlenen poliakrilonitril fiber, DTA/TGA, FTIR ve SEM analizleri ile karakterize edilmiştir. HPANF'in Sr iyonlarına karşı adsorpsiyon davranışları kesikli yöntem ile incelenmiş, stronsiyum adsorpsiyonunu etkileyen çözeltinin başlangıç pH'si, Sr derişimi, sıcaklık, çalkalama süresi, adsorban dozu (V/m oranı) gibi parametreler belirlenmiştir. Elde edilen adsorpsiyon denge verilerinin Langmuir, ve Freundlich izoterm modellerine uyumu araştırılmış ve sistemin bazı termodinamik (ΔG° , ΔH° ve ΔS°) değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stronsiyum, Sorpsiyon, Hidrolize Poliakrilonitril Fiber

INVESTIGATION OF HYDROLYZED POLYACRYLONITRILE FIBERS UTILIZATION FOR THE REMOVAL OF STRONTIUM FROM LIQUID NUCLEAR WASTE

In this study polyacrylonitrile fiber (PANF) was hydrolyzed both with sodium and potassium hydroxide solutions using alkali hydrolyzing method and hydrolyzed polyacrylonitrile fibers (HPANF) were obtained. These two types of hydrolyzed fibers were compared taking into consideration strontium adsorption capacities and it was decided that the hydrolysis with KOH solution is more convenient. The hydrolyzed polyacrylonitrile fiber was characterized by DTA/TGA, FTIR and SEM analysis. The adsorption behaviors of HPANF towards Sr ions was investigated by batch technique, the parameters affect the strontium adsorption such as the initial pH of the solution, Sr concentration, temperature, shaking time, adsorbent dose (V/m ratio) were determined. The adaptation of the obtained adsorption equilibrium data to Langmuir and Freundlich isotherm models were investigated and some of the thermodynamic values of the system (ΔG° , ΔH° , ΔS°) were calculated.

Key words: Hydrolyzed Polyacrylonitrile Fiber(HPANF), Strontium, Adsorption

* ugraskaplan@gmail.com

1.GİRİŞ

Toprak alkali bir metal olan Sr-90 ve alkali bir metal olan Cs-137, yaklaşık 30 yıllık yarı-ömürlere sahip ve nükleer güç reaktörlerinde kullanılmış yakıtlardan ortaya çıkan tipik fisyon ürünleridir. Bu radyonüklitler yüksek düzey radyoaktif atıkların aktivitesinin önemli bir kesrini oluştururlar. Nükleer atık yönetiminde, nispeten uzun yarı-ömürleri ve yüksek aktivitelerinden dolayı, stronsiyum ve sezyumun geniş hacimli atıklardan ayrılması ve immobilize edilmesi önemlidir. Özellikle Sr-90 vücuda alındığında kalsiyum gibi davranarak kemiklerde ve dişlerde kolaylıkla lokalize olur. Kemikte, kemik iliğinde ve kemik çevresindeki yumuşak dokularda kansere neden olur. Bu nedenle rekabet eden iyonlar varlığında, büyük hacimlerden stronsiyumu selektif olarak ayırabilecek ve immobilize edebilecek, yüksek kapasiteli, kimyasallara ve radyasyona karşı kararlılığı iyi ve kinetiği hızlı sorbentlere gereksinim vardır (IAEA, 2003; IAEA, 2002; IAEA,1996).

Çeşitli metal iyonlarının özellikleri ve bu metal türlerini uzaklaştırmak amacıyla kullanılan adsorbanların yüzey özellikleri çözelti koşulları ile değişebilir. Bu değişimler adsorbanlar üzerindeki metal iyonu adsorpsiyonun mekanizmasını önemli oranda etkiler. Metal iyonlarının adsorban üzerindeki adsorpsiyonu için genelde, ayrı ayrı veya kombine çalışan elektrostatik etkileşim, yüzey kompleksleşme, şelatlama ve iyon değişim mekanizmaları majör adsorpsiyon mekanizmaları olarak tanımlanabilir.

Sıvı nükleer atıklardan Sr'u uzaklaştırmada çeşitli adsorbanlar ve iyon değiştiriciler kullanılmıştır. Bunlar arasında inorganik adsorbanlar, özellikle titanyum ve zirkonyumun hidrate oksitleri, Ti, Si ve Zr'un karışık oksitleri, Ti ve Zr fosfatlar, vbg., kimyasallara, ısı ve radyasyona karşı yüksek kararlılıkları, seçicilikleri, yüksek adsorpsiyon kapasiteleri ile önem kazanmış ve birçok çalışmaya konu olmuştur (Dyer et al., 1997; Marinin and Brown, 2000; Gürboğa and Tel, 2004; Konyalı ve ark., 2005; Gürboğa et al., 2006; İnan et al., 2006, Çetinkaya, 2006). İnorganik adsorbanların çoğu amorf yapıda jeller olduğundan tekrarlanabilir özellikler göstermekte güçlük arz etmekte, ayrıca elde edilen tozlar çok ince taneli olduğundan büyük kapasiteli kolon uygulamaları için uygun olmamaktadırlar. Bu inorganik adsorbanların mikrokürecik veya granüler formları kolon uygulamaları için akış dinamiklerini iyileştirir ve pratik uygulamaları genişletir. Granüler partiküllerin hazırlanması, oldukça zahmetli işlemler gerektirmekte, ince tozlarla sorbent kaybı ve süzmede güçlük gibi sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Sorbentlerin çoğu kolon kullanımına uygun granüler formlarda elde edilebilmelerine karşın, granüler form sıklıkla düşük mekanik dayanım gösterebilmekte ve çözelti ile temas halinde dağılıp, koloidal partiküller oluşturacak şekilde peptize olabilmektedir (Egan et al., 1995; Collins and Anderson, 1998).

Sulu çözeltilerden eser miktardaki metallerin zenginleştirilmesi veya metal iyonlarının adsorpsiyonu amacıyla kullanılan, aktive edilmiş karbon fiber, pamuk, cam yünü ve polimer fiber (polyester, polipropilen, polietilen, polistiren) gibi çeşitli tip fiberler veya modifiye edilmiş fiberler bulunmaktadır. Yüzey modifikasyonu, çeşitli tipteki fiberlerin metallere karşı adsorpsiyon yeteneğini geliştirmek ve arttırmak üzere, sıklıkla başvurulan bir yöntem olmuştur. Metal iyonlarının sulu çözeltilerden adsorpsiyonu genellikle, adsorbanın yüzey fonksiyonel gruplarının özellikleri tarafından kontrol edilir. Özellikle karboksil, tetrazin, amidoksim-hidroksam, imidazolin, amino ve fosforik gruplarla modifiye edilmiş fiberler, metal iyonu adsorpsiyonunda oldukça etkili bulunmuştur (Liu et al., 1998).

Son yıllardaki yeni gelişmelerden biri de, atıklardan metal iyonlarının uzaklaştırılmasında polimer fiberlerin adsorban olarak kullanılmasıdır. Polimer fiberler; geniş spesifik yüzey alanı, yüksek adsorpsiyon kinetiği, düşük maliyetleri ve kolon çalışmalarındaki pratikliklerinden dolayı atık suların iz metallerin ve krom gibi ağır metallerin uzaklaştırılmasında birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve çeşitli çalışmalara konu olmuşlardır. “Poliakrilonitril fiber” (PANF) bunlardan biridir. Yaygın ve ucuz bir ticari ürün olan PANF’ler çeşitli tip şelatlayıcı grupların girişiyle modifiye edilmiş ve bir adsorban olarak kullanılmıştır(Vernon et al., 1983).

PANF’in modifikasyonu bir asit veya bazda hidroliz yolu ile de yapılmaktadır. Genellikle PANF’nin hidrolizi kompleks bir prosestir, değişik metal adsorpsiyon yeteneğine sahip farklı tip hidroliz ürünleri ortaya çıkabilir. PANF’nin alkali hidrolizinde, hidrolizin çeşitli aşamalarında ürünler; $-C=N-$, akrilamid, sodyum akrilat ve amidin gibi konjuge bağlar içerirler. Yapılan bir çalışmada, HPANF’in bakır iyonlarının adsorpsiyonunda çok etkili olduğu ve çok kısa sürede (10-20 dak.) adsorpsiyon dengesine ulaşılabilirdiği, adsorpsiyonda HPANF’in yüzeyindeki imin gruplarının ($-C=N-$) rol oynadığı belirlenmiştir(Deng et al., 2003/2).

Bu çalışmada, PANF’in hidrolizi ile elde edilecek olan HPANF’in, kolonda kullanım kolaylığı ve hızlı kinetiği göz önüne alınarak, çok geniş atık hacimlerinde düşük derişimlerde bulunabilen stronsiyumun ön deriştirilmesinde kullanılabilirliği incelenmiştir.

Çalışmada öncelikle poliakrilonitril fiber(PANF), alkali hidrolizleme yöntemi kullanılarak sodyum ve potasyum hidroksit ile ayrı ayrı hidrolizlenmiş, hidrolize poliakrilonitril fiberler(HPANF) elde edilmiştir. Hazırlanan bu iki tip hidrolize fiber stronsiyum adsorplama kapasitesi açısından karşılaştırılmış ve KOH çözeltisi ile hidrolizin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Hidrolizlenen poliakrilonitril fiber, DTA/TGA, FTIR ve SEM analizleri ile karakterize edilmiştir. HPANF’in Sr iyonuna karşı adsorpsiyon davranışları batch tekniği ile incelenmiş, çözeltinin başlangıç pH’si, Sr derişimi, sıcaklık, çalkalama süresi, adsorban dozu (V/m oranı) gibi etkili olabilecek parametreler belirlenmiştir. Elde edilen adsorpsiyon denge verilerinin Langmuir, ve Freundlich izoterm modellerine uyumu araştırılmış ve sistemin bazı termodinamik (ΔG° , ΔH° ve ΔS°) değerleri hesaplanmıştır

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan akrilik fiber, Yalova -Aksa Akrilik Sanayi A.Ş.’den sağlanmıştır. Kimyasal bileşimi akrilonitril-vinilasetat kopolimeri olup, vinil asetat içeriği %7.87’dir (Altaş,1988). Çalışmada kullanılan diğer kimyasal reaktifler analitik saflıktadır(Merck). Deneyleerde Elix ve Mili-Q içeren Millipore model su saflaştırma sistemi ile hazırlanan ultra-saf su (Özdirenç 18.2M Ω cm, TOC düzeyi 1-5 ppb) kullanılmıştır.

2.1.PAN Fiberin Hidrolizlenmesi

Çalışmada öncelikle sıvı nükleer atıklardan stronsiyum adsorpsiyonuna yönelik olarak poliakrilonitril fiber(PANF), sodyum ve potasyum hidroksit ile alkali hidrolizleme yöntemi kullanılarak ayrı ayrı hidrolizlenmiş, hidrolize poliakrilonitril fiberler(HPANF) elde edilmiştir.

NaOH ile Hidrolizleme

1 gram PANF, %10(ağırlık oranı) NaOH çözeltisi içeren 30 mL'lik etanol/su (mol oranı: 0.22) karışımı ile birlikte 50 mL'lik kapaklı bir erlen içerisine ilave edilmiş ve 75°C'de termostatlı su banyolu çalkalayıcıda belirli sürelerde çalkalanmıştır. Hazırlanan HPANF, nötral hale gelene kadar deiyonize su ile çalkalanarak yıkanmış ve 50°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. HPANF 'ler çalışmada kullanılmak üzere desikatörde saklanmıştır.

KOH ile Hidrolizleme

PANF'in hidrolizlenmesinde NaOH yerine KOH çözeltisi kullanılarak yukarıdaki işlemler uygulanmış ve hazırlanan her iki tip HPANF'ler stronsiyum adsorplama kapasitesi açısından karşılaştırılmıştır.

2.2. Tanımlama ve Karakterizasyon

Hazırlanan HPANF ler, DTA/TGA, FTIR ve SEM analizleri ile karakterize edilmiştir. DTA/TGA analizi için Shimadzu termal analiz cihazı kullanılmıştır. FTIR analizi Nicolet Magna-IR 550 model FTIR spektrometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. SEM görüntüleri Phillips XL-30S FEG model taramalı elektron mikroskobu (SE ve BSE dedektörleri) ile alınmıştır. Stronsiyum analizlerinde Perkin-Elmer Optima 2000 DV model ICP-OES kullanılmıştır. Cihaz parametreleri Çizelge 3.1' de verilmiştir. pH ayarlamaları 654 Model Metrohm pHmetre ile yapılmıştır

Çizelge 1. Sr tayini için ICP-OES cihazının çalışma koşulları

Gaz Akışı (L/min.)			RF Güç kaynağı (watt)	Pompa (mL/min.)	Dalgaboyu(nm)	Süre (s)	Tekrar
Plazma Auxiliary Nebulizer							
16	1.0	0.85	1300	1.5	459.320	30	3

2.3. Adsorpsiyon Denemeleri

Hazırlanan HPANF tip sorbentin Sr iyonuna karşı sorpsiyon davranışları batch tekniği ile, GFL-1083 model termostatlı çalkalayıcı kullanılarak incelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tanımlama ve Karakterizasyon

PANF'in hidrolizi kompleks bir prosestir, değişik metal adsorpsiyon yeteneğine sahip farklı tip hidroliz ürünleri ortaya çıkabilir. PANF'in alkali hidrolizinde, hidrolizin çeşitli aşamalarında oluşan ürünler; -C=N-, akrilamid, sodyum akrilat ve amidin gibi konjuge bağlar içerirler.

Çalışmamızda poliakrilonitril fiberin NaOH ve KOH çözeltileri ile hidrolizlenmesinde, her biri için en uygun hidroliz süresini belirlemek amacıyla PANF ler, NaOH ve KOH çözeltileri ile ayrı ayrı 10, 20, 30, 40, 60 ve 80 dakika süresince, Bölüm 3.3'de verilen yöntem ve koşullarda, hidroliz işlemine tabi tutulmuştur. Hidroliz süresince fiberlerde ve çözeltide renk değişimleri gözlenmiştir. Hidrolizin belli bir aşamasında fiberler kırmızı-kahve, çözelti ise sarımsı bir renk almaktadır. Fiberin bu kırmızı-kahve rengi yüzeyinde (-C=N-) imin gruplarının oluştuğunu göstermektedir(Deng et al., 2003).

Hidrolizlenen fiberlerin yıkama işlemi çözeltiler nötral (pH=13'den pH=7'ye) oluncaya kadar deiyonize su ile çalkalanarak gerçekleştirilmiş, yıkama işlemi sırasında çözelti berraklaşırken, fiberin rengi kırmızıdan portakal rengine dönmüştür. 40 dakikayı aşan hidroliz reaksiyonlarında fiberlerin yapısının bozulduğu peltemsi bir hal aldığı gözlenmiştir. Değişen hidroliz sürelerinde ve iki farklı alkali çözeltide hidrolizlenen fiberler etüvde 50°C'de sabit tartıma gelene dek kurutulmuş, kullanım öncesi desikatörde saklanmıştır.

Elde edilen HPANF'lerin sulu çözeltideki stronsiyum iyonlarına karşı adsorpsiyon yeteneği incelenmiştir. Aynı adsorpsiyon koşullarında; KOH ile (75°C'de 40 dakika hidroliz) hazırlanan HPANF in Sr adsorpsiyon veriminin(%60), NaOH(75°C'de 30 dakika hidroliz) ile hazırlanan HPANF'inkine göre (%50) daha yüksek olduğu saptanmıştır.

HPANF in Sr adsorpsiyon koşullarını belirlemek amacıyla, poliakrilonitril fiberin KOH çözeltisi ile alkali hidrolizine karar verilmiştir.

Hidroliz işlemi

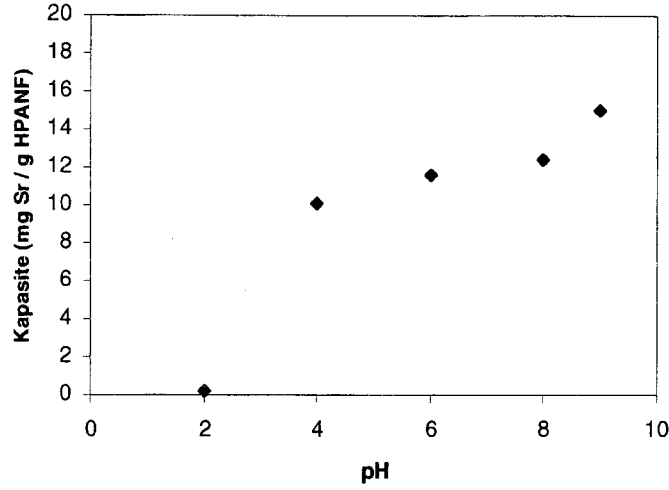
1 gram PANF, %10'luk (ağırlık oranı) KOH çözeltisi içeren 30 mL'lik etanol/su (mol oranı: 0.22) karışımı ile birlikte 50 mL'lik kapaklı bir erlen içerisine ilave edilmiş ve 75°C de termostatlı su banyolu çalkalayıcıda 40 dakika süre çalkalanmıştır. Hazırlanan HPANF, çözelti nötral hale gelene kadar deiyonize su ile çalkalanarak yıkanmış ve 50°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. HPANF'ler çalışmada kullanılmak üzere desikatörde saklanmıştır.

3.2. HPANF ile Adsorpsiyon Denemeleri

3.2.1. pH etkisi

HPANF in Sr adsorpsiyonunda pH'ın etkisi, stronsiyum nitrat çözeltisinin pH'ı 2, 4, 6, 8 ve 9'a ayarlanarak incelenmiştir. Şekil de görüldüğü gibi Sr adsorpsiyon verimi pH = 2'de oldukça düşük olup, pH=4'e hızlı bir yükselme göstermekte ve pH=9'a kadar hafifçe artmaya devam etmektedir.

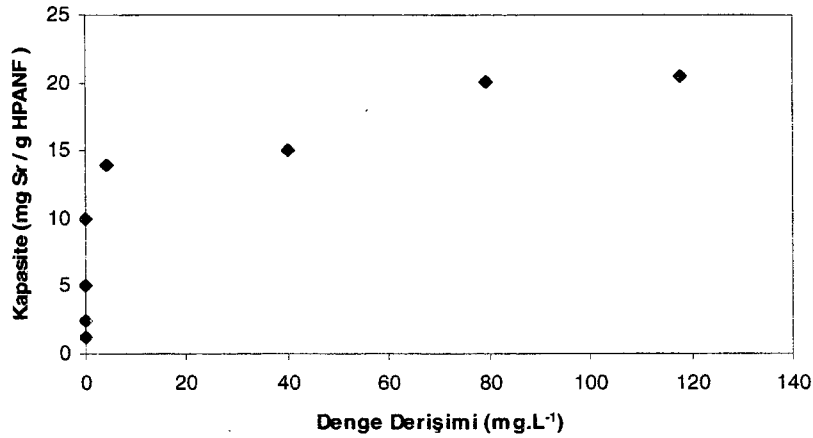
Çözeltide bulunan Sr⁺² iyonları alkali ortamda hidrolize uğrayarak SrOH⁺ iyonlarına dönüşür. Bu hidroliz reaksiyonunun pH 8 den sonra gerçekleştiği belirtilmiştir(Venkatesan et al., 2001). Stronsiyum alımının pH< 7' de çok düşük olduğu ancak pH>9 da önemli artış gözlemlendiği bilinmektedir. Ancak nükleer atık çözeltilerinde pH ayarlaması ile ek bir maliyet getirilmemesi açısından daha yüksek pH lar incelenmemiştir



Şekil 3.2.1. Sr adsorpsiyonunda pH etkisi (Sr derişimi: 100 mg.L^{-1} , HPANF mik: 0.1g, V:25 mL, t: 2 saat, T: 30°C).

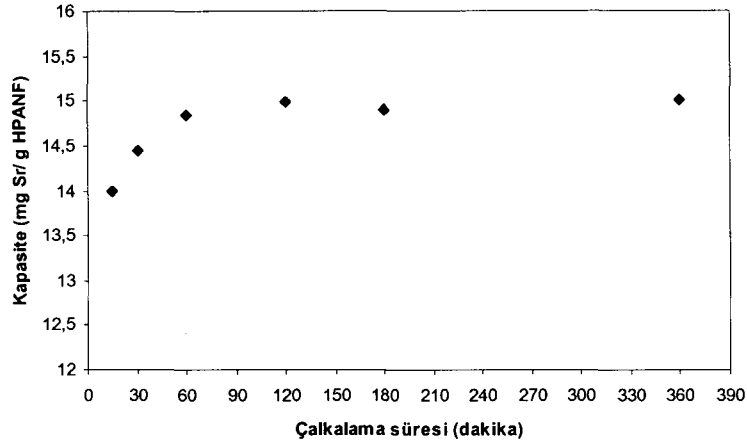
3.2.2.Konsantrasyon Etkisi

Şekil den görüldüğü gibi HPANF üzerine Sr adsorpsiyonunda, stronsiyum başlangıç derişimi 5 mg.L^{-1} 'den 200 mg.L^{-1} ' e arttıkça adsorbanın Sr alım kapasitesi 0.125 mg.g^{-1} 'den 20.50 mg.g^{-1} 'e çıkmış, Sr adsorpsiyon verimi ise düşmüştür.



Şekil 3.2.2. Sr adsorpsiyonunda derişimin etkisi (pH: 9.3, HPANF mik: 0.1g, V:25 mL, t: 2 saat, T: 30°C).

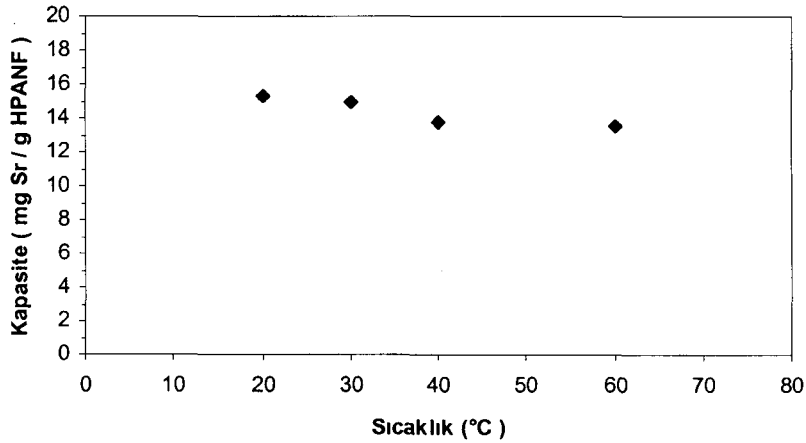
3.2.3.Sürenin Etkisi



Şekil 3.2.3. Sr adsorpsiyonunda çalkalama süresinin etkisi (Sr derişimi:100 mg.L⁻¹, pH: 9.3, HPANF mik: 0.1g, V:25 mL, T: 30°C) .

Şekil den HPANF in Sr adsorpsiyon kinetiğinin oldukça hızlı olduğu, 15 dakika gibi kısa sürede adsorpsiyonun dengeye ulaştığı görülmektedir.

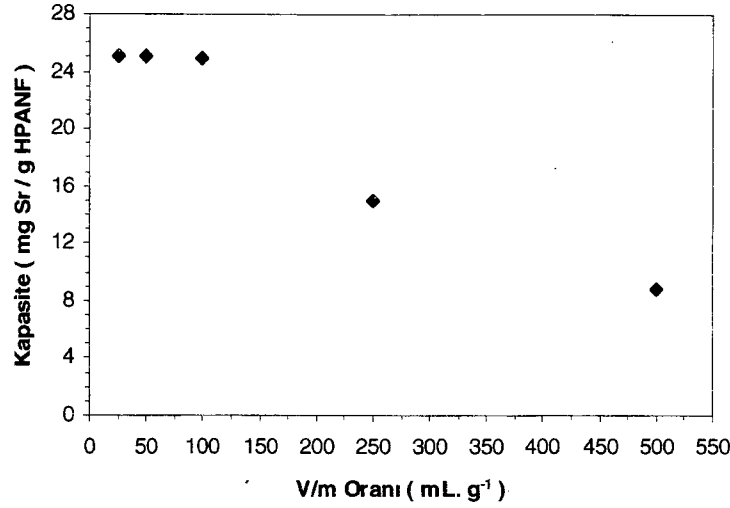
3.2.4.Sıcaklık etkisi



Şekil 3.2.4. Sr adsorpsiyonunda sıcaklığın etkisi (Sr derişimi:100 mg.L⁻¹, pH: 9.3, HPANF mik: 0.1g, V:25 mL, t: 2 saat) .

Şekil den, HPANF in Sr adsorpsiyonunda çalkalama sıcaklığının fazla etkili olmadığı, sıcaklık artışı ile adsorbanın Sr alım kapasitesinin hafifçe azaldığı görülmektedir.

3.2.5.V/m oranı



Şekil 3.2.5. Sr adsorpsiyonunda V/m oranının etkisi (Sr derişimi:100 mg.L⁻¹, pH: 9.3, V:25 mL, T: 30°C, t: 2 saat) .

V/m oranı arttıkça adsorpsiyon veriminin büyük oranda düştüğü görülmektedir. Yüksek V/m oranlarında sıvı fazdan adsorban yüzeyine stronsiyum difüzyonunun daha zor gerçekleşmesiyle açıklanabilir

4. SONUÇ

Poliakrilonitril fiberin NaOH ve KOH çözeltileri ile alkali hidrolizlenmesinde, en uygun hidroliz süresini belirlemek amacıyla yapılan denemeler sırasında, 40 dakikayı aşan hidroliz işlemlerinde fiberin yapısının bozulduğu, peltmsi bir hal aldığı gözlenmiştir. Hidroliz süresince fiberlerde ve çözeltide renk değişimleri olmakta, hidrolizin belli bir aşamasında fiberler kırmızı-kahve, çözelti ise sarımsı bir renk almaktadır. Fiberin bu kırmızı-kahve rengi yüzeyinde (-C=N-) imin gruplarının oluştuğunu göstermektedir(Deng et al., 2003).

Elde edilen HPANF'lerin sulu çözeltideki stronsiyum iyonlarına karşı adsorpsiyon yeteneği incelenmiştir. Aynı adsorpsiyon koşullarında; KOH ile (75°C'de 40 dakika hidroliz) hazırlanan HPANF'in Sr adsorpsiyon veriminin(%60), NaOH(75°C'de 30 dakika hidroliz) ile hazırlanan HPANF'inkine göre (%50) daha yüksek olduğu saptanmış, poliakrilonitril fiberin KOH çözeltisi ile alkali hidrolizi tercih edilmiştir.

HPANF in Sr adsorpsiyonunda pH'ın etkisi, stronsiyum nitrat çözeltisinin pH'ı 2, 4, 6, 8 ve 9'a ayarlanarak incelenmiştir. HPANF'in pH = 2'de oldukça düşük olan Sr adsorpsiyon veriminin(%9), pH yükseldikçe arttığı ve pH=9'da %60'a ulaştığı saptanmıştır. Sıvı nükleer atık çözeltilerinin pH si genellikle 9'dan düşük olduğundan daha yüksek pH ler denenmemiştir.

HPANF üzerine Sr adsorpsiyonunda, başlangıçta çözeltideki stronsiyum derişimi 5 mg.L^{-1} 'den 200 mg.L^{-1} 'e arttıkça, adsorbanın Sr alım kapasitesinin 0.125 mg.g^{-1} 'den 20.50 mg.g^{-1} 'e çıktığı, Sr adsorpsiyon veriminin ise %100 den % 40'a düştüğü belirlenmiştir. HPANF'in özellikle düşük derişimli geniş atık hacimlerinden stronsiyumun ön konsantre edilmesi için daha uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Stronsiyum için $5-200 \text{ mg.L}^{-1}$ derişim aralığında Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi incelenmiş, $R^2 = 0.9882$ değerine dayanarak stronsiyumun hidrolizlenmiş poliakrilonitril fiber üzerine adsorpsiyon davranışının Langmuir izotermine uyduğu saptanmış, Langmuir sabitleri $Q_0=20.28 \text{ mg.g}^{-1}$ ve $b = 0.5228 \text{ L.mg}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

HPANF in Sr adsorpsiyon kinetiğinin oldukça hızlı olduğu, 15 dakika gibi kısa sürede adsorpsiyonun dengeye ulaştığı, çalkalama sıcaklığının ise adsorpsiyonda fazla etkili olmadığı saptanmıştır. Adsorpsiyon sistemi için termodinamik parametreler 20, 30, 40 ve $60 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıklar da belirlenmiştir. İncelenen sıcaklık aralığında elde edilen tüm ΔG° değerlerinin sıfırdan küçük olması ve ΔS° 'nin pozitif olması Sr adsorpsiyonunun kendiliğinden, istemli olarak oluştuğunu, ΔH° 'ın sıfırdan küçük olması ise adsorpsiyonun ekzotermik yapıda olduğunu belirtmektedir.

HPANF'in stronsiyum alım kapasitesi, deney koşullarımızda (Sr derişimi: 100 mg.L^{-1} , m: 0.1 g HPANF, pH: 9.3, V: 25 mL , T: 30°C , t: 2 saat), 15 mg Sr / g HPANF ve adsorpsiyon verimi % 60 olarak saptanmıştır. Aynı koşullarda PANF'in stronsiyum alım kapasitesi ise yalnızca 1.5 mg Sr / g PANF dir.

Poliakrilonitril fiberin (PANF) alkali bir çözelti ile basit, tek basamaklı reaksiyonu sonucu kolaylıkla sentezlenebilen ve kesikli yöntemle Sr alımında başarılı olarak kullanılan HPANF'in, kolonda kullanılarak, kompleks yapıcı ve rekabet eden iyonlar varlığında, Sr için adsorpsiyon davranışlarının incelenmesi, çeşitli tip nükleer atık çözeltileri simüle edilerek performansının denenmesi ve stronsiyumun desorpsiyon çalışmaları, yeni araştırmalara konu olması açısından önemlidir.

Adsorban olarak mekanik, kimyasal ve radyokimyasal dayanımı yeterli ve kolon işlemlerine uygun olan polimer fiberlerin kullanımı, inorganik adsorbanların kullanıldığı proseslerle kıyaslandığında, adsorban sentezinde zahmetli granüleştirme işlemlerinden kurtarma, ayrıca ince tozlarla sorbent kaybı ve peptizasyon sorunlarını ortadan kaldırma gibi avantajlarla, prosesi cazip kılmaktadır.

Sıvı nükleer atık yönetiminde bir ön işleme basamağı olarak değerlendirilebilecek bu işlem, önemli oranda hacim küçültmesi sağlayarak, stronsiyumun daha sonraki atık son depolama veya immobilizasyon işlemlerini daha ekonomik hale getirebilecektir. Ayrıca HPANF'in kolonlarda kullanımı, büyük hacimlerdeki atık çözeltilerinden, çok küçük miktarlarda radyoaktif elementleri adsorplamada, proses kolaylığı, ekonomi ve ^{90}Sr gibi yüksek aktivitede atıklar söz konusu olduğunda ise zırlama kolaylığı sağlar.

5. KAYNAKLAR

- [1]Çetinkaya, B., 2006, Stronsiyum İmmobilizasyonu için Zirkonyum Fosfat Tozlarının Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü, İzmir, 81s.
- [2]Deng, S., Bai, R., Chen, J.P., 2003-1, Aminated Polyacrylonitrile Fibers for Lead and Copper Removal, *Langmuir*, 19(12): 5058-5064.
- [3] Deng, S., Bai, R., Chen, J.P., 2003-2, Behaviors and Mechanisms of Copper Adsorption on Hydrolyzed Polyacrylonitrile Fibers, *Journal of Colloid and Interface Science*, 260:265-272.
- [4] Deng, S., Bai, R., 2004-2, Adsorption and Desorption of Aminated Polyacrylonitrile Fibers, *Journal of Colloid and Interface Science*, 280:36-43.
- [5] Dyer A., Shaheen T., Zamin M., 1997, Ion Exchange of Strontium and Caesium into Amorphous Zirconium Phosphates, *Journal of Materials Chemistry*, 7(9), 1895-1899.
- [6] Egan, B. Z., Collins, J. L., Anderson, K. K., Chase, C. W., 1995, Development and Testing of Inorganic Sorbents made by the Internal Gelation Process for Radionuclide and Heavy Metal Separations, National Technical Information Service.
- [7] Gürboğa, G., Tel, H., 2004, Preparation of TiO₂-SiO₂ Mixed Gel Spheres for Strontium Adsorption, *Journal of Hazardous Materials B120*, 135-142.
- [8] Gürboğa G., Tel H., Altaş Y., 2006, Sorption Studies of Cesium on TiO₂-SiO₂ Mixed Gel Spheres, *Separation and Purification Technology* 47, 96-104
- [9] International Atomic Energy Agency, 1996, Health and Environmental Aspects of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Technical Documents, 918, Vienna, 163p
- [10] International Atomic Energy Agency, 2003, Issues and Trend in Radioactive Waste Management, Proceedings of an International Conference, Austria, 1175
- [11] International Atomic Energy Agency, 2002, Application of Ion Exchange Processes for The Treatment of Radioactive Waste and Management of Spent Ion Exchangers, Technical Reports Series No.408, Vienna.
- [12] İnan, S., Tel, H., Altaş, Y., 2006, Sorption Studies of Strontium on Hydrous Zirconium Dioxide, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 267, No. 3, 615-621.
- [13] Konyalı D., Altaş Y., Tel H., 2005, Amonyum Fosfomolibdat-Poliakrilonitril Kompozit Sorbentinin Sentezlenmesi ve Sezyum Sorpsiyon Koşullarının İncelenmesi, IX. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, , İzmir
- [14] Liu, R. X., Zhang, B.W., Tang, H. X., 1998, Adsorption Properties of Polyacryl-Amino Type Chelating Fiber for Heavy Metal Ions, *J. Appl. Polym. Sci.*, 70, 7-14.
- [15] Marinin, D.V. and Brown, G. N., 2000, Studies of sorbent/ion-exchange materials for the removal of radioactive strontium from liquid radioactive waste and high hardness groundwaters, *Waste Management*, 205: 45-553.