



HİDROJEN DEPOLAMA AMACIYLA LİTYUM DOPLANMIŞ GRAFEN SENTEZİ

Hazırlayan: Ümmü Gülsüm YILANCI
Prof. Dr. Mehmet DOĞAN



ÖZET

Enerji ihtiyacı, artan nüfus ve sanayileşmeyle birlikte dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Ancak, enerji ihtiyacını karşılamak için ağırlıklı olarak kullanılan fosil yakıtlar, kısa ve uzun vadede çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca, bu kaynakların sınırlı rezervlere sahip olması, uzun vadede enerji arz güvenliği üzerinde ciddi riskler oluşturmaktadır. Güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları, tükenmez olmaları ve çevre dostu olmaları nedeniyle öne çıkmaktadır. Ancak, bu kaynakların kesintili yapısı enerji sistemlerinde istikrarsızlığa neden olabilmekte, dolayısıyla enerji depolama çözümlerine duyulan ihtiyacı artırmaktadır.

AMAÇ

Hidrotermal yöntemle farklı lityum konsantrasyonları, sıcaklık ve sürelerde doplanmış grafen yapılar sentezlemek; bu yapıları FTIR-ATR, BET ve SEM teknikleriyle karakterize etmek; optimize edilen örneğin hidrojen depolama kapasitesini ise oda ve kriyojenik sıcaklıklarda, düşük ve yüksek basınç koşullarında Hiden IMI PSI cihazı ile belirlemektir.

HİDROJENİN ENERJİ DEPOLAMADAKİ ROLÜ

Hidrojen, sıfır karbon emisyonu ve yüksek enerji yoğunluğu ile geleceğin temiz enerji taşıyıcısı olarak öne çıkmaktadır. Ancak, geleneksel depolama yöntemleri yüksek basınç ve düşük sıcaklık gerektirdiğinden hem verim kaybı hem de güvenlik riski yaratmaktadır. Bu bağlamda, yüksek yüzey alanı ve kimyasal kararlılığı ile dikkat çeken grafen tabanlı malzemeler, hidrojen depolama için yenilikçi ve etkili çözümler sunma potansiyeline sahiptir.

GRAFEN

Grafen, karbon atomlarının iki boyutlu altıgen bir düzende dizilmesiyle oluşan, olağanüstü fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip bir nanomalzemedir. Yüksek mekanik dayanımı, mükemmel termal ve elektriksel iletkenliği ile enerji depolama teknolojilerinde çığır açan bir potansiyele sahiptir. Bu özellikleri sayesinde hidrojenin kimyasal veya fiziksel olarak adsorpsiyonuna uygun bir platform sunar. Özellikle lityum doplanmış grafen yapıları, hidrojen depolamada çok daha yüksek verimlilik sağlayan yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Lİ – DOPLANMIŞ GRAFENİN SENTEZİ

Bu çalışmada, hidrojen depolama potansiyeli yüksek olan lityum doplanmış grafen yapıları hidrotermal yöntemle sentezlenmiştir. İlk aşamada, doplamada kullanılacak en uygun lityum konsantrasyonunu belirlemek amacıyla 0.1 M, 0.01 M ve 0.001 M derişimlerinde lityum nitrat (LiNO_3) çözeltileri hazırlanmıştır. Her bir çözeltiden 15 mL, 0.5 gram grafen içeren ayrı reaktörlere ilave edilmiştir. Reaktörler 200 °C sıcaklıkta 2 saat boyunca etüvde tutulmuş, ardından ürünler süzülerek saf su ile yıkanmış ve hem konvansiyonel hem de vakumlu etüvde 24 saat boyunca kurutulmuştur.

Bu numunelere uygulanan BET yüzey alanı analizleri sonucunda en yüksek yüzey alanı 0.1 M LiNO_3 ile doplanmış örnekte ölçülmüş ve bu konsantrasyon sonraki sentezlerde referans alınmıştır.

İkinci aşamada, optimum sıcaklığı belirlemek amacıyla 0.1 M LiNO_3 çözeltisi kullanılarak sentez işlemi 160 °C, 200 °C ve 240 °C sıcaklıklarda tekrar edilmiştir. BET analizlerine göre, 200 °C'de hazırlanan örnek hem en yüksek yüzey alanına hem de en büyük mikro gözenek hacmine sahip olmuş; dolayısıyla bu sıcaklık optimum değer olarak belirlenmiştir. 240 °C'de sentezlenen numunede gözenek yapısında bozulma gözlenmiştir.

Üçüncü aşamada, reaksiyon süresinin etkisini incelemek amacıyla yine 0.1 M LiNO_3 ile 200 °C sıcaklıkta 2, 6 ve 12 saatlik hidrotermal işlemler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürünler aynı şekilde saf suyla yıkanıp kurutulmuş ve yüzey özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, 2 saatlik reaksiyonun en yüksek yüzey alanı ve mikro gözenek hacmi sunduğunu göstermiştir. Daha uzun sürelerde gözenek yapısında çökme ve yüzey alanında düşüşler gözlenmiştir.

Bu üç aşamalı optimizasyon süreci sonucunda, 0.1 M LiNO_3 çözeltisi, 200 °C sıcaklık ve 2 saatlik reaksiyon süresi ile sentezlenen lityum doplanmış grafen yapısının en uygun özellikleri sunduğu belirlenmiştir.

KARAKTERİZASYON

A. BET Yüzey Alanı Analizi

Numunelerin özgül yüzey alanları, azot gazı adsorpsiyon/desorpsiyon yöntemiyle BET tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz, malzemenin gözenek yapısı hakkında bilgi sağlamıştır.

B. FTIR-ATR Spektroskopisi

Malzemelerin kimyasal yapıları ve fonksiyonel grupları, 4000–650 cm^{-1} dalga boyu aralığında, ATR modunda çalışan FTIR cihazı ile incelenmiştir.

C. SEM Görüntüleme

Numunelerin yüzey morfolojileri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Analiz öncesi numuneler, yüzey iletkenliğini artırmak amacıyla Au-Pd kaplama işlemine tabi tutulmuştur.

D. Hidrojen Depolama Analizleri

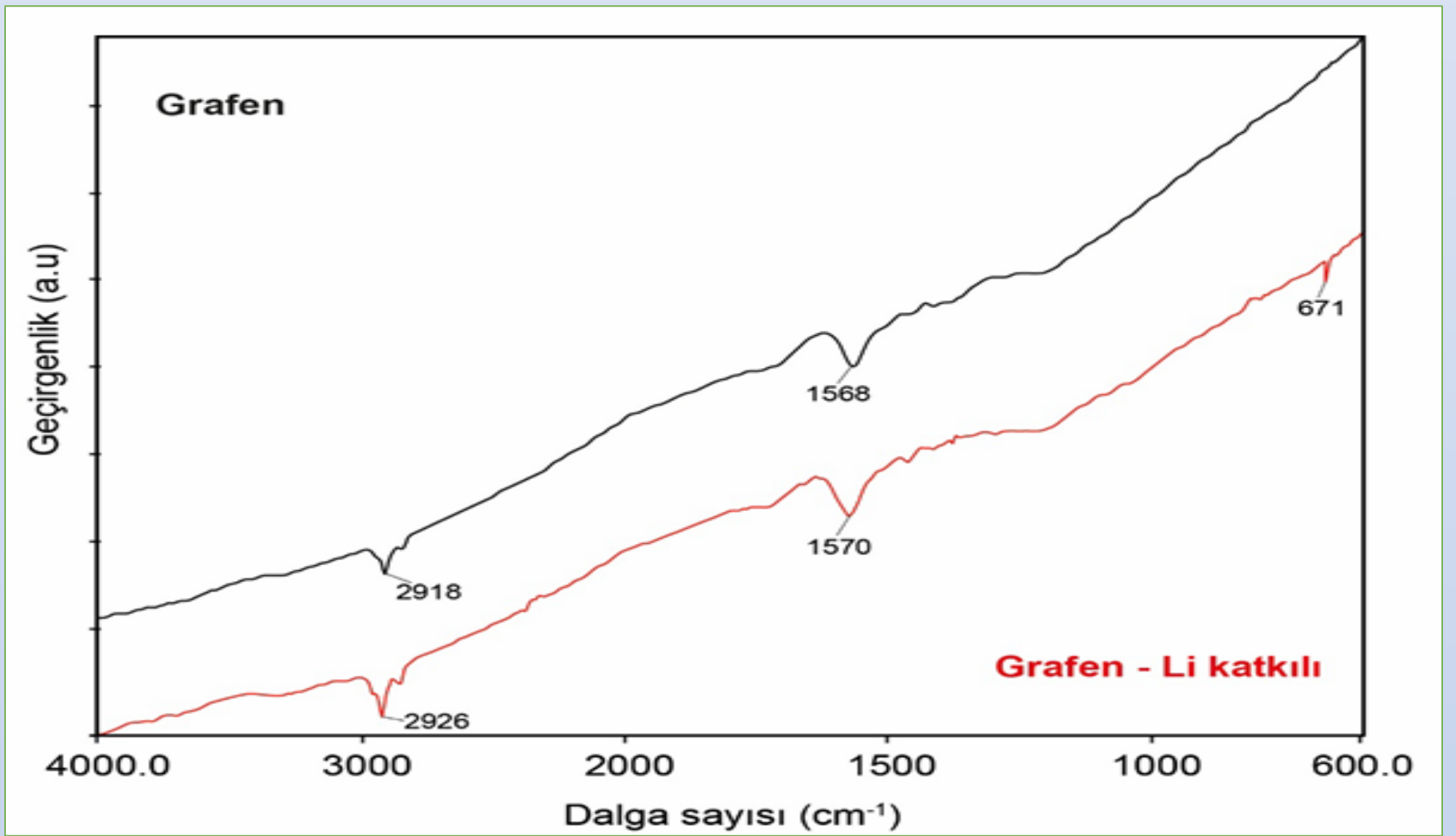
Optimize edilen numunenin hidrojen gazı adsorpsiyon kapasitesi, kriyojenik sıcaklıkta ve farklı basınç koşullarında Hiden IMI PSI cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

BULGULAR

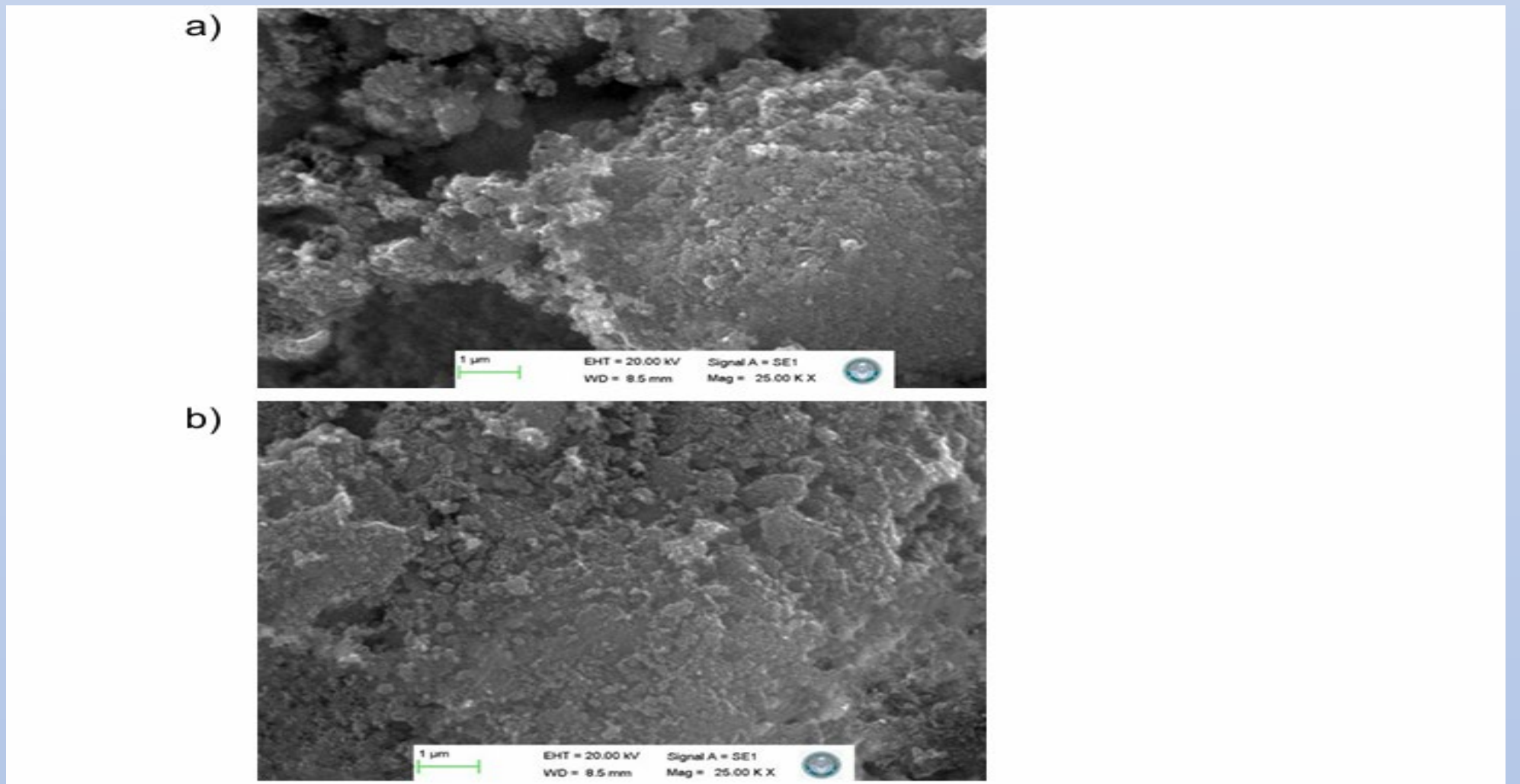
1. BET yüzey alanı analizi

Örnek adı	BET yüzey alanı (m^2/g)	Toplam gözenek hacmi (cc/g)	Mikro gözenek hacmi (cc/g)
Grafen	672	0,91	0,31
Grafen – 0,1M-Li	822	0,93	0,43
Grafen – 0,01M-Li	723	0,81	0,37
Grafen – 0,001M-Li	705	0,81	0,36
Grafen – 160C-Li	767	1.04	0.38
Grafen – 240C-Li	725	0.96	0.37
Grafen – 6saat-Li	745	0.85	0.35
Grafen – 12saat-Li	761	0.87	0.32

2. FTIR-ATR Spektrumları

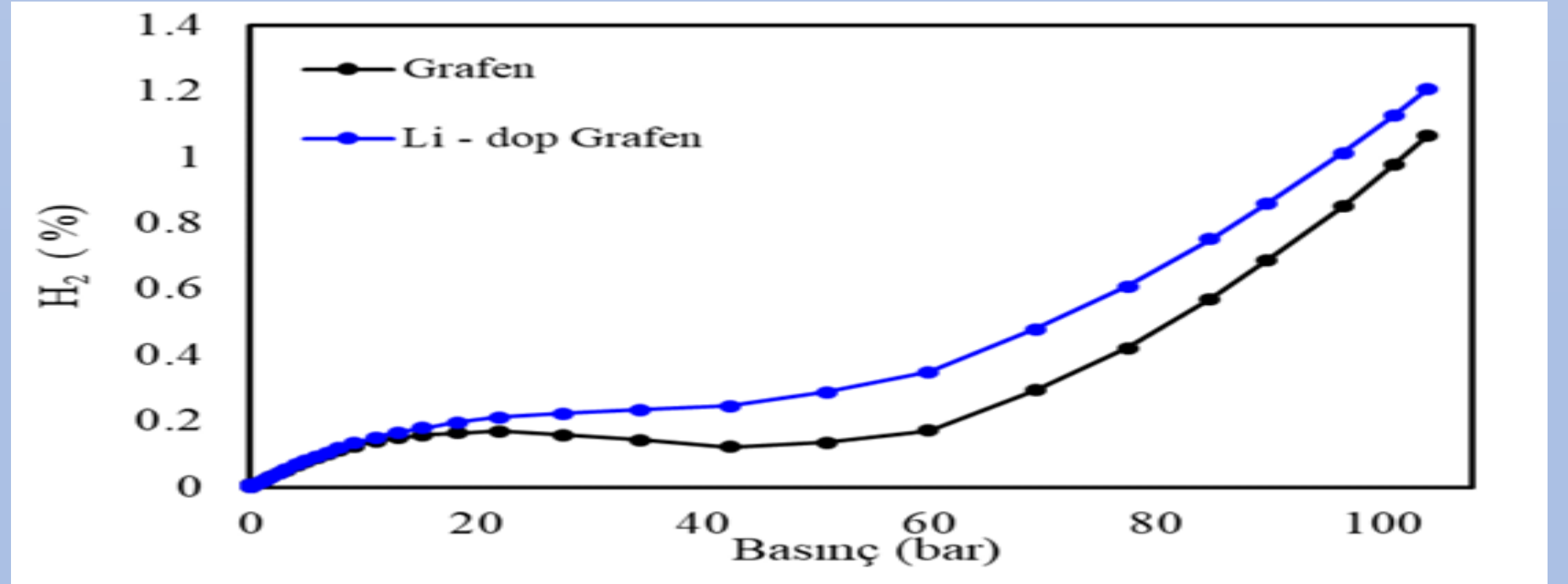


3.SEM Görüntüleri



Şekil 7. a) saf grafen, b) optimize edilmiş Li-dop grafen örneğinin SEM görüntüleri

4.Hidrojen depolama analizleri



ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Lityum doplanmış grafen yapılar hidrotermal yöntemle başarıyla sentezlenmiş ve sentez parametrelerinin (konsantrasyon, sıcaklık, süre) optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. En yüksek yüzey alanı ve gözenek özellikleri, 0.1 M LiNO_3 çözeltisi ile 200 °C'de ve 2 saatlik reaksiyon süresi sonunda elde edilmiştir. BET analizleri sonucunda doplama işleminin yüzey alanını artırdığı; FTIR analizlerinde ise grafenin yüzeyinde yeni fonksiyonel grupların oluştuğu gözlemlenmiştir. SEM görüntüleri, lityum katkısının yüzey morfolojisini değiştirdiğini ve yapının daha gözenekli hale geldiğini ortaya koymuştur. Kriyojenik sıcaklıkta gerçekleştirilen hidrojen adsorpsiyon analizleri, optimize edilen lityum doplanmış grafenin, saf grafene kıyasla anlamlı derecede yüksek hidrojen depolama kapasitesi sunduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, geliştirilen malzemenin sürdürülebilir enerji teknolojileri için umut verici bir aday olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Yürüm, Y., Taralp, A., Veziroğlu, T. N. 2009. "Storage of hydrogen in nanostructured carbon materials", International Journal of Hydrogen Energy, 34(9), 3784–3798.
Sun, X., Deng, S., Yang, Y., Xu, G., Zhao, R., Shen, G., Han, G. 2017. "Hydrothermal synthesis and photocatalytic activity of Li-doped PbTiO_3 perovskite cubic particles", Surface and Coatings Technology, 320(3), 527–530.