

Nar Kabuğunun Mikrodalga Destekli Pirolyzi Yoluyla Aktif Karbon Üretimi ve Enerji Depolamada Kullanımı

Mesut KARTA^{1*}, Serdar ALTIN² ve Tolga DEPCI³

¹Metalleri /İskenderun Meslek Yüksekokulu, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye

²Fizik/Fen-Edebiyat Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Türkiye

³Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye

*(mesut.karta@iste.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 26 Eylül 2023, Kabul Tarihi: 07 Ekim 2023)

(3rd International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2023, September 26-28, 2023)

ATIF/REFERENCE: Karta, M., Altın, S. & Depci, T. (2023). Nar Kabuğunun Mikrodalga Destekli Pirolyzi Yoluyla Aktif Karbon Üretimi ve Enerji Depolamada Kullanımı. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(9), 205-208.

Özet – Meyve suyu fabrika atığı olan nar kabuğu başlangıç madde olarak seçilmiş ve başlangıç maddesinin aktif karbona dönüştürülmesi kısa analizler ve elementel analizler yapılarak tespit edilmiştir. Ardından modifiye edilmiş ev tipi mikrodalga ile aktif karbon malzemeler sentezlenmiştir. Aktif karbonun yapısal karakterizasyonu BET yüzey alanı ve SEM görüntüleriyle desteklenmiştir. BET yüzey alanı 859,197 m²/g olarak ölçülmüştür. SEM görüntülerinde de gözenekli yapılar tespit edilmiştir. Daha sonra aktif karbonun süper kapasitörlerde elektrot malzemesi, enerji performans özellikleri döngüsel voltmetre (CV) ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) değerleri ölçülmüştür. Bu yöntem sayesinde nar kabuğu atıklarının süperkapasitör olarak kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Biyokütle, Karbonizasyon, Mikrodalga, Aktif Karbon, Enerji Depolama.

I. GİRİŞ

Dünyada insan tüketimi için üretilen gıdanın üçte biri ya kaybolmuş ya da israf edilmiştir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, her yıl dünya genelinde tüketimimiz için hazırlanan gıdanın yaklaşık %33'ü (veya yaklaşık 1,3 milyar ton) israf edilmektedir. Kantitatif olarak bu, yaklaşık 990 milyar dolarlık bir maliyeti neden olmaktadır [1]. Bunlar arasında meyve ve sebze işleme endüstrisi, yaklaşık %45'lik pay ile en büyük yan ürün üreticilerinden biridir [2]. Meyve ve sebze posasındaki doğal bileşenlerin geniş ve bol olması, endüstriyel ölçekte kullanımını açısından araştırılmaya değer kılmaktadır [3].

Dünya çapındaki hızlı ekonomik gelişmeler, artan nüfusların sürekli zorlukları ve bol fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan artan enerji talebi

nedeniyle, verimli ve güvenilir yenilenebilir enerji kaynakları aramak için araştırma ve geliştirme çabalarının artmasına neden olmuştur. Bu çabalar aynı zamanda enerjinin verimli bir şekilde depolanması ve gelecek nesiller için kullanılması için çözümler bulmayı da içermektedir. Son yirmi yılda, sürdürülebilir enerji depolama ve dönüştürme sistemlerini profesyonel olarak kullanmak için güneş pilleri, yakıt hücreleri, sıkıştırılmış hidrojen, süper kapasitörler ve piller gibi çeşitli enerji depolama ve dönüştürme teknolojileri oluşturulmuştur [4], [5].

Son yıllarda, karbonun organik atıklardan veya biyokütleden türetilmesi ve bunların süper kapasitörlerde elektrot malzemeleri olarak kullanılmak üzere daha fazla etkinleştirilmesine büyük ilgi geliştirilmiştir. Bunun başlıca nedeni bu kaynakların bolluğu ve kolay bulunabilirliğidir ve

fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı da azaltmaktadır [6].

Bu çalışmada nar kabuğundan mikrodalga destekli aktif karbon üretimi yapılarak, karakterizasyon çalışmaları (BET, SEM ve kısa analizler) yapılmıştır. Elde edilen aktif karbonun süperkapasitör özelliği ise (CV ve EİS) ölçümleri ile tespit edilmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyler de kullanılan meyve suyu fabrikası atıklarından nar kabuğu ise Adana ilindeki bir meyvesuyu fabrikasından meyve suyu fabrikasından temin edilmiştir. Bu çalışmada, ev tipi mikrodalga fırın (Arçelik-MD554) modifiye edilmiş ve içerisine mikrodalga fırında kullanılmak üzere bir aparat tasarlanmıştır. Şekil 1. de mikrodalga fırın ve karbon üretim aparatı gösterilmektedir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan mikrodalga ve karbon üretim aparatı

Mikrodalga fırını deneylerinde kullanılmak üzere meyvesuyu fabrika atığı olan nar kabuğu, musluk suyu ile yıkanıp saf sudan geçirildikten sonra 105 °C de kurutulmuş, sonra öğütücüden geçirilerek 100 mesh elek altına kadar öğütülmüştür. 10 gr örnek karbon üretim aparatının içine koyularak inert ortamın oluşması için 100 ml/dk akışkanında N₂ gazı ortama verilmiştir. Daha sonra, 700 W 'da 10 dakika boyunca karbonize ürün elde edilmiştir. Karbonizasyon sonrası ürün, kütlece 1/4 KOH ile yüzey alanının ve gözeneklerin açılması için empreyene edilmiştir. Daha sonra KOH ile aktive edilen örnek, 700 W 'da 15 dk boyunca aktivasyon işlemine tabi tutulmuştur. Karbonize örnek tüm bu işlemlerden sonra, 1 litrelik behere alınarak seyreltilmiş HCl

asitle demineralizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Saf su ile örnekler pH nötr (pH 7,0) oluncaya kadar yıkanmıştır. Son olarak ise, 105 °C'de 24 saat boyunca kurutma etüvün de kurutulmuştur [7], [8].

III. BULGULAR

Bu çalışmada, mikrodalga destekli karbonizasyon yöntemiyle nar kabuğundan aktif karbon elde edilmiş ve karakterizasyon çalışmaları yapılarak süper kapasitörlerde enerji depolama olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Başlangıç örnek olan nar kabuğunun karbon miktarı %44,54 olarak bulunmuş. Aktif karbonun karbon miktarı %71,34 olarak bulunmuştur. Nar kabuğunun sabit karbon miktarı %18,02 dir. Nar kabuğunda elde edilen aktif karbonun (AC700) BET yüzey alanı 859,197 m²/g bulunmuştur. AC elektrodun -0,1 V ile 0,1 V potansiyel aralığında, farklı tarama hızlarında CV eğrileri taranarak belirlenmiştir. AC elektrodunun EIS .

IV. TARTIŞMA

Başlangıç maddesi olan nar kabuğunun kısa analizleri Tablo 1'de verilmiştir. Nar kabuğunun kuru ağırlıkta sabit karbon (SC) verimi %18,02 bulunmuştur. Kül miktarının %2,78 olması aktif karbon veriminde ve karbon yüzdesinde umut verici olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Başlangıç örneğin kısa analizi

Numune adı	%Nem	%Kül	%U.M	%S.C*
Nar Kabuğu	17,47	2,78	61,73	18,02

*% S.C= 100- % Nem + % Kül + %U.M

Başlangıç maddesi nar kabuğunun elementel analiz sonucunda C verimi %44,54 den 700 W da karbonizasyon sonucu elde edilen aktif karbonun C verimi %71,34 de yükseldi görülmektedir. Aşağıdaki Tablo 2'de nar kabuğu ve aktif karbonun elementel analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 2. Nar kabuğu ve aktif karbonun elementel analizi

Numune adı	%C	%H	%N	%S
Nar Kabuğu	44,54	5,33	0,86	0,28
AC700	71,34	4,268	1,897	-

Geliştirilen elektrotların verimliliği ve şarj/deşarj kapasitesi, hazırlanan AC'nin yüzey alanına ve gözenekliliğine bağlıdır [9].

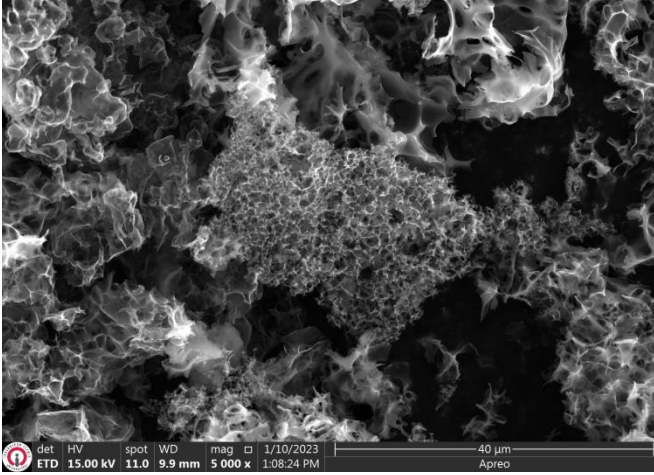
Gözenek boyutu dağılımı sonuçları, AC700'ün baskın olarak gözenekli malzemeler olduğunu göstermiştir [10].

Tablo 3'de AC'nin BET yüzey sonuçları verilmiştir. AC'nin BET yüzey analiz sonucunda 859,197 m²/g gibi yüksek yüzey alanına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Aktif karbonun BET sonuçları

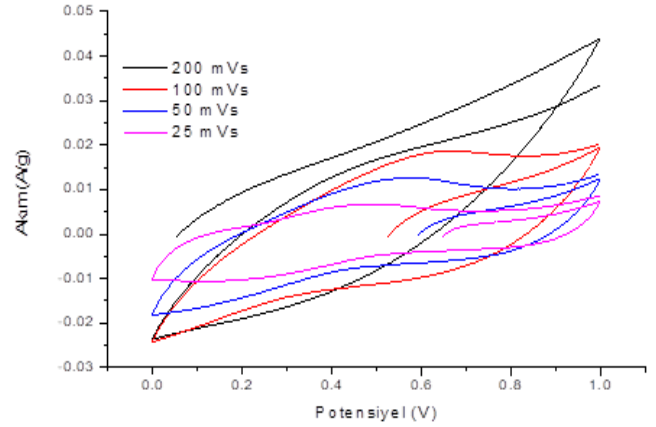
Numune adı	BET yüzey alanı (m ² /g)	Por Hacmi (cm ³ /gr)	Por Çapı (nm)
AC700	859,197	0,406	1,888

Karbonizasyon işlemi sırasında kullanılan aktifleştirici ajan, karbonun kömürleşmesine ve aromatisasyonuna yol açan bir dehidrasyon ajanı görevi görür ve böylece gözenek oluşumuna neden olmaktadır. Sentezlenen AC'nin Şekil 2'deki gösterilen gözenekli ve kusurlu yapısı, piroliz işlemi sırasında hidrojen, oksijen ve nitrojenin (karbon olmayan elementler) uzaklaştırılması nedeniyle de açıklanabilir [6].



Şekil 2. AC700 aktif karbonun SEM (5000X) görüntüleri

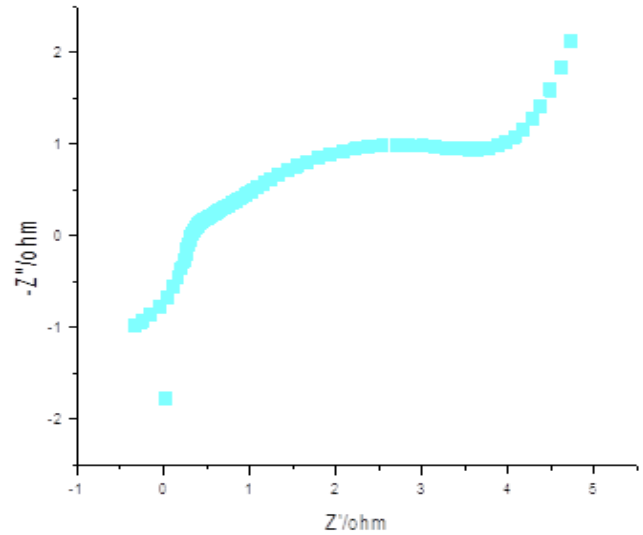
Şekil 3 , (25, 50, 100, 200 mV/s⁻¹) tarama hızında hazırlanan AC700 elektrotun CV eğrilerini göstermektedir.



Şekil 3. AC700 aktif karbonun CV ölçümleri

Elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) elektrodun iletkenlik, yük aktarma özellikleri ve difüzyon özellikleri gibi özelliklerini değerlendirmek için geliştirilmiştir [11].

Şekil 4, AC700 elektrotunun elektrokimyasal analizden sonra azalan iç direnci gösteren EIS grafiklerini göstermektedir [12]. Aşırı düşük frekans bölgesinde, frekans azaldıkça dikey konuma doğru artan gerçek eksen (Z') ile eğim açısı ile yukarı doğru eğimli bir doğrusal bölüm ortaya çıktığı söylenebilir [13].



Şekil 4. ANK700 aktif karbonun EIS ölçümleri

V. SONUÇLAR

Deneysel çalışmada ev tipi mikrodalga modifiye edilerek cihaza uygulanabilir bir aparat yapılmıştır. Başlangıç maddesi olan nar kabuğunun kısa analiz sonuçlarına bakıldığında kül oranının % 2,78 olduğu buda enerji depolamada düşük düzeyde olduğunu göstermektedir. Mikrodalga ile yapılan karbonizasyon ve aktivasyon çalışmalarında

karbon oranı %44,54 olan başlangıç maddesi nar kabuğu mikrodalga ile karbonizasyon sonucu elde edilen aktif karbon %71,34 gibi yüksek oranda karbona dönüştürülmüştür. Yapılan BET yüzey analize göre aktif karbonun yüzey alanı elektrokimyasal enerji depolamalardan biri olan süperkapasitörler için umut verici oranda (859 m²/g) yüzey alanı tespit edilmiştir. Elektrokimyasal ölçümlerde AC700 elektrodun CV ve EIS ölçümlerine bakıldığında nar kabuğundan elde edilen aktif karbon, gelecekteki enerji depolama uygulamaları için uygun bir malzeme olarak kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

İskenderun Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP)'ne 2021LTP-10 kodlu proje ile yayınıma destek sağladığı için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Y. Mo *et al.*, "Pomegranate Peel as a Source of Bioactive Compounds: A Mini Review on Their Physiological Functions," *Front. Nutr.*, vol. 9, p. 1131, Jun. 2022, doi: 10.3389/FNUT.2022.887113/BIBTEX.
- [2] M. Gómez and M. M. Martinez, "Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 58, no. 13, pp. 2119–2135, Sep. 2018, doi: 10.1080/10408398.2017.1305946.
- [3] J. Majerska, A. Michalska, and A. Figiel, "A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 88, pp. 207–219, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.TIFS.2019.03.021.
- [4] S. Mehta, S. Jha, and H. Liang, "Lignocellulose materials for supercapacitor and battery electrodes: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 134, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.RSER.2020.110345.
- [5] M. Y. Bhat, S. A. Hashmi, M. Khan, D. Choi, and A. Qurashi, "Frontiers and recent developments on supercapacitor's materials, design, and applications: Transport and power system applications," *J. Energy Storage*, vol. 58, p. 106104, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.EST.2022.106104.
- [6] A. Tripathy, S. Mohanty, S. K. Nayak, and A. Ramadoss, "Renewable banana-peel-derived activated carbon as an inexpensive and efficient electrode material showing fascinating supercapacitive performance," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 6, p. 106398, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.JECE.2021.106398.
- [7] A. Mamaní, M. F. Sardella, M. Giménez, and C. Deiana, "Highly microporous carbons from olive tree pruning: Optimization of chemical activation conditions," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 7, no. 1, p. 102830, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.JECE.2018.102830.
- [8] C. A. Başar, A. A. Korkmaz, Y. Önal, and T. Utku, "Evaluation of optimum carbonization conditions of the blended domestic polymeric waste, biomass and lignite in the presence of catalyst by Taguchi and ANOVA optimization analysis," *J. Hazard. Mater. Adv.*, vol. 8, p. 100164, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.HAZADV.2022.100164.
- [9] G. Bharath *et al.*, "Hybrid capacitive deionization of NaCl and toxic heavy metal ions using faradic electrodes of silver nanospheres decorated pomegranate peel-derived activated carbon," *Environ. Res.*, vol. 197, p. 111110, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.ENVRES.2021.111110.
- [10] E. Taheri, A. Fatehizadeh, E. C. Lima, and M. Rezakazemi, "High surface area acid-treated biochar from pomegranate husk for 2,4-dichlorophenol adsorption from aqueous solution," *Chemosphere*, vol. 295, p. 133850, May 2022, doi: 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.133850.
- [11] G. Zhang, Y. Chen, Y. Chen, and H. Guo, "Activated biomass carbon made from bamboo as electrode material for supercapacitors," *Mater. Res. Bull.*, vol. 102, pp. 391–398, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.MATERRESBULL.2018.03.006.
- [12] T. Gajalakshmi, T. Kalaivani, N. Thuy Lan Chi, and K. Brindhadevi, "Investigation on carbon derived from casuarina bark using microwave activation for high performance supercapacitors," *Fuel*, vol. 337, p. 127078, Apr. 2023, doi: 10.1016/J.FUEL.2022.127078.
- [13] J. Tu, Z. Qiao, Y. Wang, G. Li, X. Zhang, and G. Li, "American ginseng biowaste-derived activated carbon for high-performance supercapacitors," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 18, no. 2, pp. 16–24, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.IJOES.2023.01.011.