



birimlerden oluşan zincir biçimli uzun molekül) yapısında malzemeler olsa da farklı tür plastiklerin üretiminde farklı ham maddeler kullanılıyor. Bu durum belirli bir türdeki plastiklerin (örneğin PET ya da PVC türü plastiklerin) geri dönüştürülebilmesi için, önce çeşitli türdeki plastiklerin arasından ayrıştırılmaları gerektiği anlamına geliyor. Plastikleri ayrıştırmak çoğu zaman hem insan müdahalesi hem de karmaşık teknikler kullanılan teknolojiler gerektiriyor. İkinci olarak yaygın şekilde kullanılan geri dönüşüm yöntemlerinin çok da etkili olduğu söylenemez. Günümüzde plastikler sıklıkla mekanik yöntemler kullanılarak geri dönüştürülüyor. Atıklar ilk önce ufak parçalara ayrılıyor, daha sonra eritilip yeniden kalba dökülüyor.

Ancak bu mekanik yöntemler her geri dönüşüm sırasında polimer zincirlerinin kısılmasına ve üretilen malzemenin kalitesinin düşmesine neden oluyor. Bu yüzden plastikler mekanik yöntemlerle sonsuz defa geri dönüştürülemiyor.

Geri dönüşüm için kullanılabilecek çok daha etkili bir yöntem, plastikleri önce bileşenlerine ayrıştırıp daha sonra yeniden polimerleştirmek olabilir. Bugün de çeşitli türdeki polimerler için geliştirilmiş bileşenlerine ayrıştırma ve yeniden polimerleştirme teknikleri var. Ancak bu yöntemlerin tamamı yüksek miktarda enerji gerektiriyor ve ekonomik olarak uygulanabilir değil.

Zürih Teknoloji Enstitüsünden Prof. Dr. Athina Anastasaki ve öğrencileri *Journal of American Chemical Society*'de yayımladıkları bir çalışmada, kendi ürettikleri polimerleri yeniden bileşenlerine ayrıştırarak

başlangıçtaki ham maddenin %92'sini elde etmeyi başardıklarını açıkladılar.

Araştırmacılar plastik cam ya da mika olarak adlandırılan bir tür polimer üretiliyorlar. Sentez sırasında yakın zamanlarda geliştirilen ve kısaca RAFT olarak adlandırılan, eşit uzunlukta polimer zincirlerinin ortaya çıkmasını sağlayan bir yöntem kullanılıyor. Üretilen plastiklerin kolayca bileşenlerine ayrışmasını ise polimer zincirlerinin ucuna eklenen bir kimyasal grup sağlıyor. Malzemenin sıcaklığı 120 °C'a çıkarıldığında kimyasal grup tarafından ayrışma süreci tetikleniyor.

Geliştirilen yeni yöntemin kısa vadede plastik kirliliği sorununa çare olması beklenmiyor. Öncelikle yeni yöntemin endüstriyel ölçekte polimer üretimine uygun hâle getirilmesi için araştırmalar yapılması gerekiyor. Ayrıca günümüzde kullanılan plastiklerin de yeni yöntemle bileşenlerine ayrıştırılması mümkün değil. ■

## Esnek Lityum İyon Batarya Üretildi

Mahir E. Ocak

Giyilebilir teknolojiler olarak adlandırılan akıllı saatler ve esnek bantlar gibi teknolojiler gün geçtikçe çeşitleniyor. Bu teknolojilerin enerji ihtiyacını karşılamak için üzerine çalışılan konulardan biri de giyilebilir esnek bataryalar geliştirmek.

Kore Bilim ve Teknoloji Enstitüsünden Soo Yeong Hong ve arkadaşları, *ACS Nano*'da yayımladıkları bir makalede, esnek üç boyutlu lityum iyon batarya ürettiklerini açıkladılar. Geliştirilen batarya, üç boyutlu yazıcılarla esnek kumaşların üzerine yazdırılabiliyor. Bu bataryanın özellikle giyilebilir teknolojilere enerji sağlama konusunda yararlı olması bekleniyor.

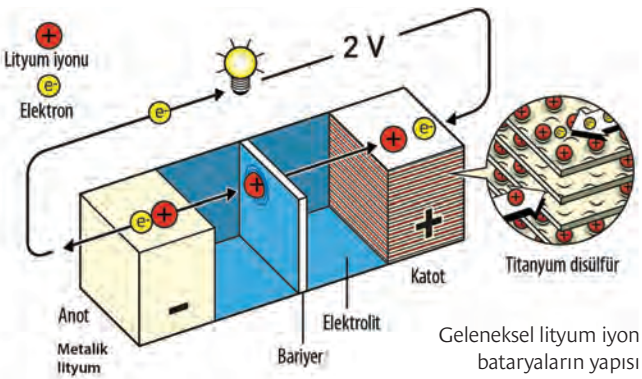
İlk lityum iyon bataryalar, 1991 yılında piyasaya sürülmüş ve sahip oldukları yüksek enerji kapasitesi sayesinde elektronik endüstrisinde bir devrim yaşanmasına neden olmuşlardı.



Üretilen esnek batarya giyilirken, çıkarılırken ya da esnetilirken akıllı saatlere kesintisiz güç sağlayabiliyor.

Bilgisayarların taşınabilir hâle gelmesi, MP3 çalarların ve tabletlerin geliştirilmesi, lityum iyon bataryaların yüksek kapasitesi sayesinde mümkün oldu. 2019 yılı Nobel Kimya Ödülü'nü, lityum iyon bataryaların geliştirilmesine yaptıkları önemli katkılar nedeniyle John Goodenough, Stanley Whittingham ve

Akira Yoshino kazanmıştı. Lityum iyon bataryaları ve diğer geleneksel bataryaları esnek hâle getirmek için aşılması gereken çeşitli sorunlar var. Öncelikle bataryaların hacminin büyük kısmını kaplayan sert ve inorganik elektrotların esnek hâle getirilmesi zordur. Ayrıca sıvı elektroliti



ikiye ayıran bölmenin ve elektrik akımını aktaran kısımların da esnek hâle getirilmesi gerekir. Aşılması gereken bir diğer sorunsu sıvı elektrolitin sızmasının nasıl önleneceğidir. Araştırmacılar bu sorunların hepsine çözüm bulmayı başarmışlar.

Esnek lityum iyon batarya üretebilmek için ilk olarak yeni bir esnek organik jel geliştirilmiş. Esnek jel hem lityum iyon bataryanın elektrotlarını oluşturan malzemeleri sıkıca tutuyor hem de elektrik yüklü parçacık alışverişine yardımcı oluyor. Ayrıca esnek bir ham maddeden elektrik akımını aktaracak kısımların üretiminde kullanılmak üzere iletken bir boya geliştirilmiş. Araştırmacılar tüm sistemi dışarıdan çevreleyen esnek bir malzeme de geliştirmişler. Sistemin bütünlüğünü sağlayan bu malzeme hem yüksek voltaj altında bile çalışabiliyor hem de sıvı elektroliti soğurmuyor.

Esnek bataryaların üretiminde dört boyutlu yazdırma olarak



Esnek batarya, üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle doğrudan esnek bir kumaşın üzerine de yazdırılabiliyor.

adlandırılan bir yöntem kullanılmış. Üç boyutlu yazıcılar kullanılarak yapılan bu yazdırma işlemlerinin dört boyutlu olarak adlandırılmasının nedeni, ortaya çıkan ürünlerin esnek olması ve biçimlerinin dördüncü boyutta (zaman içinde) değişebilmesi. Üretilen bataryaların mekanik olarak dayanıklı olduğu, %50'nin üzerinde esnetilebildiği ve açık havada uzun süre aşınmadığı belirtiliyor. Araştırmacılar esnek bir kumaşın üzerine yazdırdıkları esnek bataryayı bir akıllı saati çalıştırmak için de kullanmışlar.

Esnek bataryanın kumaş giyilirken, çıkarılırken ya da esnetilirken kesintisiz güç sağlayabildiği söyleniyor. ■