

LEVENT TOPPARE

Enzim tutuklaması, gaz ayırma membranları, elektrokromik aletler, algılayıcılar (sensörler) ve doldurulabilir pillerdeki kullanımlarıyla iletken polimerler günümüzde büyük önem kazanan malzemeler. ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Levent Toppare, bu konulardaki üstün nitelikli çalışmalarıyla 2003 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü'nü aldı.



Polimerler, monomer adı verilen küçük moleküllerin art arda dizilmesiyle oluşan uzun zincirli yapılar. Bu yapılar naylon poşetlerden, araba lastiklerine kadar pek çok alanda kullanılmakta. Halkın plastik malzemeler olarak adlandırdığı polimerler, oldukça yalıtkanlar; ama polimerler elektrikçe iletken hale de getirildiler. İletken polimerler olarak tanımlanan bu malzemeler, elektriği bakır kadar iyi ilettiliyor.

İletken polimerler, 1979'lu yıllardan beri bilinen ve uygulamaları olan malzemeler. Bu malzemeler, askeri amaçlarla kullanıldıkları gibi, sağlık bilimleri, elektronik, bilgisayar teknolojisi gibi pek çok alanda kullanım buldular. 2000 yılında da, California Üniversitesi'nden Alan Heeger, Pennsylvania Üniversitesi'nden Alan MacDiarmid ve Tsukuba Üniversitesi'nden Hideki Shirakowa, polimerlerin hangi koşullarda akım ge-

çirdiklerini belirleyen çalışmalarıyla Nobel Kimya Ödülü'nü aldılar.

1970'li yıllarda, Shirakowa rastlantısal olarak poliasetileni üretti. Daha sonra, Heeger ve MacDiarmid bu polimeri bir biçimde oksitlemeyi, yani "dop etmeyi" akıl ettiler. Böylece, birdenbire bu yalıtkan malzemenin iletken hale gelebileceği ortaya çıktı. Sonraları poliasetilenle yapılan çalışmalar, yerini, doğrudan sentez sonucunda iletken hale gelebilecek malzemelere bıraktı. 1979'da polipinolen malzemenin, elektrolitik yöntemlerle elektrod üzerinde üretilmesinde kendiliğinden iletken hale geldiği saptandı. Bir süre sonra da pirol ve tiyofen adı verilen malzemelerin türevlerinden iletken maddelerin sentezlenmesi gerçekleştirildi. Bu polimerler, bazı özel uygulamalar için, örneğin, ikincil pillerin üretiminde kullanılıyordu. İkincil pillerde polimeri elektrod olarak

kullanmak, gaz ya da kimyasal algılayıcılar (sensörler) yapmak, ışığı dışarı yayan cihazlar üretmek olasıydı. Örneğin, iletken polimerler, çok düşük akımlar üretmeleri ve çok uzun ömürlü olmaları nedeniyle kalp pillerinde elektrod olarak kullanıldılar. Yine bu malzemelerin elektromanyetik kalkanlamada kullanılabileceği anlaşıldı. Radyo frekansı ya da kızılötesi dalgalar, gönderilen bütün radyasyonu emdikleri için bu polimerler radar dalgalarına karşı görünmez cihazların yapımında kullanıldı. İletken polimerlerin bir diğer kullanım alanı da "akıllı pencereler" in üretimi oldu. Belirli bir kalınlığın altında üretilen iletken polimerlerde, polimere uygulanan gerilime göre malzeme renk değiştirebiliyor; dolayısıyla camın ışık geçirgenliği güneşe göre ayarlanabiliyor. Yani cam, aldığı gerilimle saydam olabildiği gibi, siyahlaşıyor, renkleniyor, böylece bazı

iletken polimerlerin elektrokromik özellikleri, bu polimerlerin yazın, güneş ışığı altında kararar akıllı pencerelerde kullanımına olanak sağlıyor.

Özetle anlatmaya çalıştığımız iletken polimerler konusunda, 2003 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü sahibi Prof. Dr Levent Toppare'nin de önemli çalışmaları var.

Toppare, iletken polimerlerden kompozitler üretmek amacıyla 1987'de çalışmalarına başladı. Amacı, iki ya da daha fazla malzemenin iyi özelliklerini bir araya toplayıp ya da ortaya yeni bir özellik çıkarıp, makro ya da mikro seviyedeki karışımlardan oluşan kompozit malzemeler üretmekti. O yıla kadar toz ya da elektrokimyasal olarak film halinde üretilen bu malzemelerin kullanım alanını böylece genişletmiş olacaktı. Çünkü üretilen malzemeleri, sonrasında herhangi bir işlemde geçirmek olası değildi. Adları polimerdi ama, mekanik ve fiziksel özellikleri çok kötüydü. Oysa kompozitler sayesinde yorulmayan, aşınmayan, korozyona, yüksek sıcaklıklara dayanıklı, ısı, elektrik, ses iletkenlikleri olan, ucuz ve estetik özelliklere sahip bileşikler ortaya çıkarmak olasıydı. Toppare de, bir metal elektrodu bir yalıtkan polimerle kaplayıp, sonrasında bu plastik elektrodu bir başka polimerleştirme işleminde kullanabileceğini düşündü. Beklentisi, homojen kompozitler; tek tür birimlerden oluşan polimer zincirler üretebilmektir. Bu beklentisi bazı malzemeler için gerçekleşti, ama denediği bazı malzemeler, iki ya da daha fazla monomer içeren polimerleri, yani kopolimerleşme sonucunda. "İki monomeri birbiriyle tepkimeye sokarak kopolimerlerini üretebilirsiniz. Bu çok doğal. Ama bizim çalışmalarımız sırasında hayretle gördüğümüz şey şu oldu: Karbonil grubu taşıyan bazı özel fonksiyonel gruplu yalıtkan polimerlerin birbiriyle tepkimeye girerek özel malzemeler ürettiklerini fark ettik." Bu farkındalık, Toppare'yi bir başka alana yönlendirdi. Dünyada ilk kez, yalıtkan ve iletken zincirlerin birbirleriyle birlikte bulunduğu kopolimerler üretmek üzere çalışmalarına başladı. Böylece, mekanik ve fiziksel özellikleri açısından polimer, ve bir metal gibi iletken malzemeler üretti.

Bu çalışmaların ardından, ürettiği malzemelerin kullanım alanlarını araştırmaya başlayan Levent Toppare, uygulamaya girdiğinde çok çeşitlilik gösteren iletken polimerleri üç gruba ayıra-

Bilimle Dopdolu Bir Yaşam...

Dr. Levent Toppare 1954'te İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini TED Ankara Koleji'nde tamamladı. 1971-1975 yılları arasında ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde okudu. 1977'de, aynı bölümde yüksek lisans çalışmalarını tamamladı. British Council bursuyla 1979-1980 yılları arasında Londra Üniversitesi'nde doktora çalışmalarının bir bölümünü gerçekleştirerek, 1982'de ODTÜ Kimya Bölümü'nden doktora derecesini aldı. 1984'te doçentlik ünvanını alan Toppare, 1985'te yardımcı doçentlik, 1987'de de doçentlik kadrolarına atandı. 1988-1989 yılları arasında Fullbright bursiyeri olarak Güney Florida Üniversitesi'nde, 1989-1990 yılları arasında Alexander von Humboldt Fellow olarak Hannover Üniversitesi'nde araştırmalar yaptı. 1990'da profesörlüğe atanan Toppare, 1991'de TÜBİTAK Teşvik Ödülü'nü aldı. 1994'te Türkiye Bilimler Akademisi'ne asosiy üye ve 1997'de asil üye seçildi. 145 kadar basılı eseri bulunan Dr. Toppare'nin 2002 yılı itibarıyla 120 makalesine 1200 atıfta bulunuldu. Levent Toppare evli ve iki çocuk babası.



rak incelemeye başladı. Birinci grup araştırmaları, kimya endüstrisinde oldukça önemli sayılan gaz ayırımı konusunda oldu ve çalışmalarını gaz seçici membranlar üzerinde yaptı. Yalıtkan ve iletken polimer karışımlarıyla gaz seçiciliği nasıl artırılır sorusuna yanıt aradı. Sonuçta da, oksijen-azot, karbondioksit-metan, ya da hidrojen-karbon seçiciliğinde kullanılan membranlar üretti. "Bu konudaki çalışmalarımız yeterli değil, hâlâ araştırmalarımızı sürdürüyoruz. Ama elimizdeki membranların bu gaz çiftlerinin seçiciliğinde aşamalar sağlayabileceğini gördük. Diyelim ki oksijen-azot ayırımında membran seçiciliği dört katsa, biz bunu çalışmalarımız sonucunda daha da artırmış durumdayız."

Toppare'nin ikinci grup çalışmaları, enzim tutuklanması konusunda. İletken polimerlerin enzim tutuklama matrisi olarak kullanımları, özellikle son yıllarda yaygınlık kazanan çalışmalardan. Enzimler, gerek katalitik aktivitelerinin kalıcı olabilmeleri, gerekse defalarca kullanılabilmesi için polimer matrislerinde fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle tutuklanıyorlar. Bir çözeltide monomerin oksidasyonu sonucunda elektrokimyasal olarak gerçekleştirilen polimerleşme sırasında, enzimin tutuklanması sağlanıyor. Toppare, ureaz, glukoz oksidaz, kolesterol oksidaz, polifenol oksidaz gibi enzimlerin, yapıları bilinen kopolimer matrislerinde elektrokimyasal yöntemle tutuklanmalarını ve ardından da bu sistemlerin algılayıcı olarak tasarımlarını sağladı. "Enzimler, organik ka-

talizörler. Bir kimyasal tepkimede bir reaktöre çok az miktarlarda bu enzimlerden atarsanız, enzimler beklediğiniz katalizör işlevini yerine getirirler. Fakat bu enzimler, o reaktörün içerisinde bırakılmayacak kadar değerli malzemeler. Dolayısıyla geri kazanımları gerekiyor. Çalışmalarımızla birtakım enzimlerin geri kazanımlarını başardık. Tutuklanan bu enzimlerden geliştirilen algılayıcılar özellikle klinik amaçlarla kullanılıyor."

Camın değerini artırmak, camın alışılmış geçirme ve yansıtma özelliğini kullanış alanına uygun olarak istenilen ölçüde geçirici ve yansıtıcı hale getirmek, bu özellikleri kontrol edebilmek anlamına geliyor. Özelliklerini ya dış etkilere göre değiştiren ya da optik özellikleri kontrol edilebilen, değiştirilen camlara "aktif camlar", "akıllı camlar" ya da "kromojenik" camlar deniyor. Levent Toppare'nin üçüncü grup çalışmaları da işte bu akıllı camlar üzerinde. "Akıllı camların üretimi konusunda son iki yıldır çalışıyoruz ve epey bir aşama kaydettik. Elektrolitik yöntemlerle ürettiğimiz iletken camlar, çok düşük gerilim uygulandığında şeffafa yakın sarı renkteyken, bir başka gerilim uygulandığında mavi, kırmızı ya da başka bir renge dönüşüm oluyor. Bunu da polimer zincirler üzerinde iletkenliği sağlayan mobil elektrodlar yaratarak gerçekleştirdik. Amacımız ürettiğimiz bu camları, örneğin otomotiv endüstrisinde kullanıma sokmak."

Gülgün Akbaba