

MUCİZE PROTEİN



Renkli fotokopi makinelerinin, tarayıcıların ve yazıcıların yaygınlaşmasıyla pasaport, kredi kartı, banknot, kimlik ve sürücü belgesi gibi önemli belgelerin kopyalanması kolaylaştı. Günümüzde bu tür sahteciliklere karşı çeşitli önlemler geliştiriliyor. Kredi kartı çipleri ve hologramların yanı sıra geliştirilen nanobiyoteknolojik yöntemlerle halobakteriler de güvenlik amacıyla kullanılabilir. Halobakterilerin kullanıldığı bu araştırmaların, bilgi güvenliği ve sahteciliği önleme çalışmalarına yeni bir boyut kazandırması bekleniyor.

Arkebakterilerin bir üyesi olan halobakteriler, tuzla ve tuz gölü gibi ılık ve yoğun tuz oranına sahip, oksijeni az olan bölgelerde yaşarlar. Halofillerin yalnızca 5 nm kalınlığında ve 1/100 ışık dalga boyunda olan hücre zarları, 500 ile 1000 nm arasında değişen çaplarıyla düzensiz görünür. Bir tür bir halobakteri olan "*Halobacterium salinarum*" ve diğer bazı halofillerin hücre zarlarında "bakteriyorodopsin" olarak adlandırılan bir protein bulunur. Adından da anlaşılacağı gibi, bu protein bir göz pigmenti olan rodopsine yapısal olarak benzer ve bozunması zor olduğundan birçok proteinin dayanamayacağı 100 °C üzerindeki sıcaklıklarda yapısını koruyabilir.

Bakteriyorodopsin, ışığı soğurabilen karotenoid (rengin mor ve kırmızı tonlarında) benzeri bir moleküldür ve üzerinde bulunduğu hücre zarının bir tarafından diğer tarafına proton aktarımını sağlar. Protonlar taşındığı sırada,

hücre zarında meydana gelen elektriksel yük değişiminden dolayı bakteriyorodopsinde renk değişimi görülür. Bu, bakteriyorodopsinin en önemli özelliklerinden birinin, fotokromizmin (iki renk arası değişim) ortaya çıkmasına yol açar. Mor olan renk, ışıklandırmayla sarıya döner. Bu renk değişimi insan gözünün en yüksek duyarlığa sahip olduğu dalga boylarında meydana geldiğinden çıplak gözle rahatlıkla görülebilir. Bu özellik, bakteriyorodopsini optik uygulamalar için kullanışlı hale getirir.

Syracuse Üniversitesi'nden (ABD) Robert Birge, *Halobacterium sp.*'yi laboratuvarında üreterek, zarındaki (membran) bakteriyorodopsinleri elde etmiştir. Bu bakteriyorodopsinleri ince bir tabaka haline getirip, bilgisayar çipleri geliştirmiştir.

Günümüz bilgisayarlarında bilgi, ince ve üzerinde çok kısmı elektronik devreleri bulunan silikon çipler üzerinde depolanıyor. Ne var ki silikon, yapay

zekâ gibi uygulama alanlarında yeterince hızlı bilgi akışı ve depolama sağlayamıyor. Sözü edilen silikon çiplerin, iki boyutlu olmaları nedeniyle üç boyutlu yapıya sahip olan bakteriyorodopsin çiplere karşı yarışı kaybedeceğine inanılıyor. Bakteriyorodopsin çiplerin silikon çiplere göre daha fazla bilgi depolayabilecekleri ve neredeyse insan beyni kadar hızlı bilgi akışı sağlayabilecekleri düşünülüyor. Protein temelli bilgisayarların, kuramsal olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan bilgisayarlardan 1000 kez daha hızlı olabileceği hesaplanıyor.

Bazı varsayımlara göre ABD ordusu, savaş uçaklarında protein çipler kullanıyor. Bilindiği üzere bilgisayarlar, savaş uçakları için de geçerli olan 1 ve 0 sistemiyle çalışırlar. Ancak, savaş uçakları için çok daha önemli olan bir konu, bilgisayarların verilen emirleri en hızlı şekilde yerine getirmesi zorunluluğu olur. Günümüze kadar bütün sa-



PVC ile kaplı karta ısı uygulandığında özgün mor renginin sarıya dönüşmesi

vaş uçaklarında silikon çipler kullanılıyordu. Ancak, bu çipler yeterince hızlı olmadıkları gibi, herhangi bir kaza anında düşman kuvvetler tarafından ele geçirildiğinde içlerindeki bilgiler ortaya çıkarılabiliyordu. Günümüzdeyse çok farklı bir yöntem deniyor. Bu sistemde 0 ve 1 komutları, kullanılan bakterinin metabolizması sayesinde ayarlanarak gönderilir. Bakteri yeşil ışığa maruz kaldığında bakteride bulunan bir tür protein şekil değişikliğine uğrayıp bilgisayar için 1 komutu oluşturur. Yeşil ışığa maruz kalmayan proteindeyse, şekil değişikliği olmadığı için 0 komutu oluşur ve böylece bilgi işlenebilir. Bu işlem normal çiplere göre bilgiyi çok daha hızlı çevirebildiğinden, özellikle uçaklarda kullanımı söz konusu. Bakteriorodopsin adı verilen bu protein uçaklarda -4 ° C'de saklanabilir. Uçak düştüğündeyse sıcaklık değişiminden dolayı protein yapısı bozulur ve depolanmış tüm bilgi silinir. Bu sayede kayıtlı bilgiler kimseye ulaşmamış olur.

Marburg Üniversitesi'nden (Almanya) Norbert Hampp, özel sektörle işbirliği yaparak, bakteriorodopsinin potansiyel renk değişiminin güvenlik unsuru olarak kullanılabilmesi için renk maddesini incelemiştir. Farklı türlerde belgelerin üstüne güvenlik unsuru olarak bu pigmentlerin yazılabilmesi için



Altta renkli bölgede bilgilerin depo edilmesi

öncelikle uygun mürekkeplerin geliştirilmesi gerekiyor. Bunun için, doğal pigmentlere uygulanan kimyasal değişikliklerle, yazıcı mürekkeplerinde kullanılacak tüm boyaların farklı renkte fotokromik pigmentleri üretilmiştir. Bu mürekkepler, her çeşit doküman üzerine, kolaylıkla gözlemlenebilen, güvenlik unsurları olarak yerleştirildi.

Bu yazıdaki fotoğraflarda da görüldüğü gibi, kâğıt paradaki mor renkli Piri Reis haritası, renkli fotokopi çekildikten sonra fotokopideki rengi sarıya döner. Diğer yandan PVC'yle kaplı karta ısı uygulandığında orijinal mor renginin sarıya dönüşmesi, bu güvenlik uygulamalarına iyi birer örnektir. Kullanılan malzemenin fotokromik özellikleri nedeniyle tarama ve fotokopi yoluyla gerçekleşen evrak sahteciliğini de engelleyeceği düşünülüyor, çünkü bu sistemde yeniden üretim için gerekli olan ışık yoğunluğu, madde içine gömülü güvenlik unsurlarında renk değişimine yol açıyor. Bunların yanında bu renk değişimi kullanılarak, kişisel bilgiler depolanabilir ve belgelerin başkaları tarafından kullanılması da engellenebilir. Farklı bakteriorodopsin değişkenleri (varyantları) güvenlik pigmenti ve optik veri depolayıcısı olarak megabitlerce kapasiteye sahiptir ve yapay fotokromlara göre daha uzun ömürlüdür. Kapa-



Manyetik optik sistemler aracılığıyla yeşil ışık gönderilerek bilgilerin okunması

lı sistem olarak adlandırılan mikro denetleyicilerde hafıza birimi olarak bu teknolojiyi kullanmanın sistemin hızını ve depolama kapasitesini arttıracığı düşünülüyor.

Bu yeni kimlik kartları, bakteriorodopsin tabanlı diğer güvenlik elemanlarının yanı sıra, hafıza bandı da içerebiliyor. Boyutları 1 µm'ye kadar inebilen mor zar (membran) parçaları matris polimerlerle homojen şekilde karıştırılarak bakteriorodopsin çözelti-jelasyon yöntemiyle cama gömülür. Kayıt ortamı olarak cam ve plastik kullanılabilir. Pikosaniye - nanosaniyeye ulaşabilen kısa lazer titreşimleriyle ışık gücünün etkisi altında istenen bilgiler hafıza bandı üzerine yazılabilir. Böylece 1 cm²'ye birkaç megabayt optik bilgi yerleştirilebilir. Fotokromik renk değişimi insan gözüyle fark edilebilecek kadar belirginken, optik olarak depolanmış bu veriler yalnızca manyetik okuma birimleri tarafından yazılıp okunabilir.

Bu yöntemlerin önemli belgelerde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte her yıl çok büyük maddi kayba neden olan sahte evrak düzenleme yoluyla yapılan dolandırıcılıklar ve ülkelere kaçak giriş çıkışlar engellenebilecek. Bakteriorodopsin ülke ekonomisine milyonlarca YTL değerinde yarar sağlayacaktır. İşte küçük bir proteinin hayatımıza getirdiği mucize yenilikler... Kuşkusuz bu protein sayesinde teknolojiye değişimler yaşamımızı kolaylaştırıp değiştirmeye devam edecek.

Araş. Gör. Gamze Tan
Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi,
Biyoloji Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Ali Onur

Kaynaklar:
Hampp, N. Bacteriorhodopsin as a Photochromic Retinal Protein for Optical Memories, Chem. Rev., 100, (2000), 1755-1776.
Hampp, N. Bacteriorhodopsin als biologisches Sicherheitselement und optischer Datenspeicher, Bioforum, (2002) 2-4.
<http://www.bph.ruhr-uni-bochum.de>



Kâğıt paradaki Piri Reis haritası mor renkliyen renkli fotokopi çekildikten sonra rengi sarıya döner.