

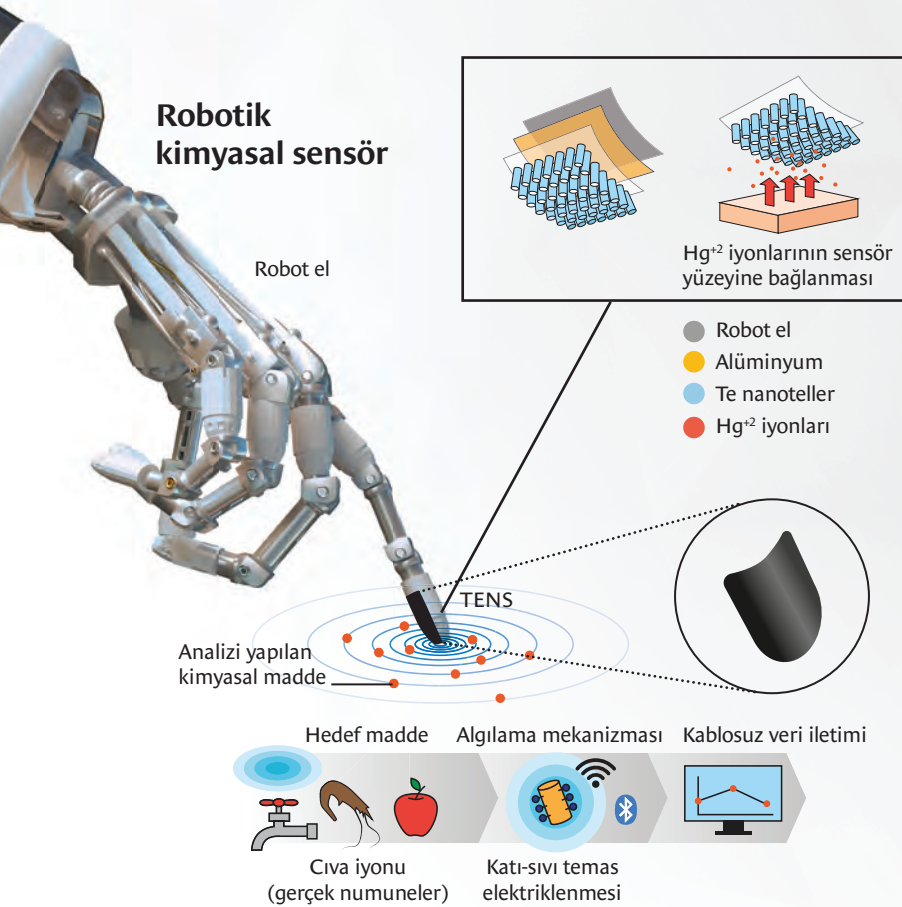
Yiyeceklerde ve Sudaki Cıvayı Tespit Edebilen Robot El

Dr. Tuncay Baydemir [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Doğadaki kirlenmeyi engellemek adına pek çok önlem alınmasına rağmen bu konuda yeterince başarı sağlandığını söylemek gerçekten zor. Özellikle cıva ve kurşun gibi zararlı kirleticiler çevrede, yiyeceklerde ve içme sularında bulunabiliyor. Bu kirleticilerin varlığını tayin etmekse genellikle zor ve karmaşık süreçler gerektiriyor.

Çevresel izleme ve güvenlik uygulamaları için tehlikeli kimyasalların varlığını yerinde ve hızlı bir şekilde tespit etmek gerekiyor. Ancak mevcut analiz teknolojilerinin yerinde uygulanması yüksek enerji gereksinimi ve düşük hassasiyet gibi nedenlerle kısıtlanıyor.

Triboelektrik nanosensörler ve nanojeneratörlerdeki son gelişmeler bu sorunların üstesinden gelmeyi sağlayabilecek potansiyel taşıyor. Yapılan son çalışmalardan birinde zararlı bir kimyasal kirlenici olan cıva iyonlarının (Hg^{+2}) hızlı ve tek adımlı bir şekilde tespit ve tayinine yönelik bir triboelektrik nanosensörü geliştirildiği bildirildi.



Cıva iyonunu (Hg^{+2}) algılamak üzere geliştirilen triboelektrik nanosensörün entegre edildiği robotik el ve çalışma prensibinin şematik gösterimi

Tayvan Üniversitesinden Zong-Hong Lin önderliğindeki araştırma ekibi tarafından yapılan çalışmanın ayrıntıları *ACS Nano* dergisinde yayımlandı. Geliştirilen nanosensör küçük miktarlardaki cıva iyonlarını bile yerinde tespit edip raporlayabiliyor.

Cıva, iyon formundayken içme suyu ve gıdalar yoluyla tüketilirse ciddi sağlık problemlerine yol açabiliyor. Bu nedenle varlığının yerinde önceden tespit edilmesi gerekli tedbirlerin alınması adına büyük önem taşıyor. Günümüzde araştırmacılar dışardan yüksek enerji ihtiyacı duyan sensörler yerine, kendi enerjisini kendi karşılayan ve düşük miktarlardaki kirleticileri bile kolaylıkla tespit edebilen sensörler geliştirmeye çalışıyor. Triboelektrik nanosensörler (TENS) bu ihtiyaca cevap verme potansiyeli taşıyor. Bu cihazlar, bir tür statik elektrik olan triboelektrik etki sayesinde çalıştırılabilir. Böylece sensörün ihtiyacı olan enerji sağlanmakla kalmıyor, aynı zamanda belirli bir kimyasalın varlığı da tayin edilebiliyor. Lin ve arkadaşları, geliştirdikleri triboelektrik nanosensörler ile numuneye dokunarak cıva iyonu analizi gerçekleştirmeyi başardılar.

TENS üretimi için cıvaya duyarlı nano boyutlarda bir dizi tel sensör kullanan araştırmacılar, bu sayede karışım içerisindeki cıvayı kolaylıkla tayin edebildiler. Katı-sıvı temaslı elektriklenme mekanizmasına dayanan ve katı bir triboelektrik malzeme ve algılama ucu olarak görev yapan tellür nanotel (Te NT) dizileri, cıva iyonları ile temas ettiğinde cıva tellür nanoteller (HgTe NT) elde edildi.

Geliştirilen TENS, robotik bir elin parmak uçlarına yerleştirildi ve defalarca örnek çözümlere dokunma yoluyla denemeler gerçekleştirildi. Voltaj değişiklikleri gerçek zamanlı olarak akıllı bir telefona kablosuz şekilde iletildi ve cıva iyonlarının olup olmadığı bu voltaj değişimleri kullanılarak tespit edildi. Ayrıca aynı metotla doğal kaynak suları ve musluk sularındaki iyonların varlığını da tespit eden araştırmacılar, çeşitli gıda maddeleri üzerinde de zararlı kimyasal madde tayinleri yaptılar.

Triboelektrik nanojeneratörler olarak da adlandırılan bu sistemler, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürebilen temiz ve yenilenebilir teknolojiler

olarak büyük ilgi görüyor. Bu teknolojinin temelinde ise iki malzeme yüzeyi karşılaştığında sürtünme nedeniyle yüzey yükünün oluştuğu temas elektriklenmesi ve elektrostatik indüklenme olgusu bulunuyor. Bu sistemlerde üretilen elektrik enerjisi, yalnızca bir güç kaynağı olarak değil; aynı zamanda kimyasal analiz için de kullanılıyor. TENS temas katmanları üzerinde tutulan kimyasalların elektriksel ölçümler üzerine olan etkisi bu analizleri yapmayı mümkün kılıyor.

Geliştirilen sistemin yerinde analiz potansiyelini denemek için yürütülen çalışmalarda, robotik elin parmak uçlarına yerleştirilen TENS'ler, harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaksızın oldukça basit ve hızlı bir "dokun ve algıla" mekanizması ile ortamdaki cıva iyonlarının varlığını tespit etti ve kablosuz bir şekilde ilettiler. Kendi kendine çalışabilen sensörlerin robotlara entegrasyonunu başarılı bir şekilde sağlayan bu sistemin zararlı kimyasalların yerinde tespiti için düşük maliyetli cihaz ve makinelerin geliştirilmesini hızlandırması bekleniyor. ■

Kaynaklar

Barman, S.R., Lin, Y., Lee, K. Ve ark., Triboelectric Nanosensor Integrated with Robotic Platform for Self-Powered Detection of Chemical Analytes", *ACS Nano*, 17, 2689-2701, 2023.

<https://www.newscientist.com/article/2357871-robotic-hand-pokes-food-and-water-to-tell-if-they-have-mercury-in-them/#:~:text=A%20robotic%20hand%20equipped%20with,have%20been%20exposed%20to%20it.>