

# Lignini Parçalayan Yapay Enzim

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Washington State Üniversitesinde (WSU) ve ABD Enerji Bakanlığının Pasifik Kuzeybatı Ulusal Laboratuvarında (PNNL) çalışan araştırmacılardan oluşan bir araştırma ekibi, odunsu bitkilerin şeklini korumasına yardımcı olan lignini parçalayabilen yapay peptoid bazlı bir enzim geliştirdi. Dünyada en bol bulunan ikinci yenilenebilir karbon kaynağı olan lignin, yenilenebilir enerji ve malzemeler için çok önemli bir potansiyel oluşturuyor. Ancak onu ekonomik açıdan faydalı bir enerji kaynağına dönüştürmek bugüne kadar mümkün değildi. Kimyaclar yüz yıldan uzun bir süredir ligninden değerli ürünler yapmaya çalışıyor ancak çabaları başarısızlıkla sonuçlanıyordu. Dolayısıyla yeni bildirilen bu gelişme, lignin ile ilgili umutları tekrar yeşertti.

Tüm damarlı bitkilerde bulunan lignin, hücre duvarını oluşturuyor

ve bitkilere sertlik kazandırıyor. Doğada mantarlar ve bakteriler ise lignini parçalayabilen enzimler üretiyor. Örneğin bir kütüğün ormanda mantarlar tarafından nasıl parçalandığını görebilirsiniz. WSU, Kimya Mühendisliği ve Biyomühendislik Okulunda doçent olan Xiao Zhang, mikroorganizmaları kullanarak bu enzimleri anlamlı bir miktarda üretmenin gerçekten zor olduğunu, ayrıca izole edilen enzimlerin de hassas ve kararsız olduklarını söylüyor. Lignini beyaz çürükçül mantarlar veya bakteriler yoluyla depolimerize etmek için enzimlere dayalı yöntemler kullanılmış olsa da bu işlem genellikle hem uzun zaman alıyor hem de bu süreçten sadece yaklaşık %7 ile %30 arasında değişebilen düşük verim alınabiliyor. Ayrıca lignini parçalayan doğal peroksidaz enzimleri proteinlerden oluşuyor; bu nedenle yüksek sıcaklıklarda

düşük kararlılık, dar optimum pH aralığı ve yapılarının bozunmaya yatkınlığı gibi dezavantajları da bulunuyor.

Araştırmacılar, yıllar boyunca bu enzimlerin nasıl çalıştığı hakkında çok şey öğrendiler. Örneğin, Zhang'ın araştırma ekibi 2020 yılında yayımlanan makalelerinde lignini parçalayan enzimlerin uygulanmasındaki zorlukları ve engelleri özetlemiştiler. Ekip, bu zorlukların üstesinden gelmek için yeni çalışmalarında doğal peroksidaz enzimlerini taklit ederek lignini parçalayabilen sentetik enzimler üretmeyi amaçladı.

Zhang'a göre, yeni bir katalizör grubu geliştirmek, biyolojik ve kimyasal katalizörlerin sınırlamalarını gerçekten ortadan kaldırmak için iyi bir fırsat. Zhang geliştirdikleri biyomimetik enzimin gerçek lignini parçalama

konusunda büyük umut vadettiğini söylüyor. Ayrıca, bu enzimin doğrudan lignin depolimerizasyonu için yeterince kararlı olduğunu ve uyarlanabilir biyomimetik enzimlerin kullanımını gösteren tek örnek olduğunu da vurguluyor.

Kararlı peroksidaz mimetikleri olarak tanımlanan yapay enzimin geliştirilmesi, lignin depolimerizasyonu işleminde enzimlere dayalı katalizi geliştirmek ve genişletmek için umut verici bir fırsat olabilir. Aslında, daha önce başka bilim insanları uygulamaların kapsamını genişleten bir dizi peroksidaz mimetiği üretmişti ancak Zhang ve meslektaşlarının da belirttiği üzere, enzimlerin aktif bölgelerinin ve mikro ortamlarının ayarlanmasında doğal enzim benzeri esnekliğe sahip, yüksek verimli ve dayanıklı peroksidaz mimetikleri

oluşturmak büyük bir zorluk olarak kalmaya devam etmişti. Bu nedenle hem peroksidazların mikro ortamını taklit edebilecek hem de farklı koşullar altında kararlılığını sürdürebilecek malzemeleri keşfetmek araştırmacıların en önemli amacı oldu.

Bilim insanları yeni peroksidaz biyomimetiklerini oluşturmak için doğal enzimlerin aktif bölgesini çevreleyen peptitleri “peptoid” adı verilen protein benzeri moleküllerle değiştirdiler. Bu peptoidler de kendiliğinden nano ölçekli kristal tüplere ve tabakalara dönüştü.

Peptoidler ilk olarak 1990’larda proteinlerin işlevini taklit etmek için geliştirilmişti. Bilim insanlarının doğal enzimlerin eksikliklerini gidermesine olanak sağlayacak şekilde yüksek kararlılığa sahip

olmak gibi birkaç benzersiz özellikleri bulunuyor. Dolayısıyla doğal bir enzimle elde edilmesi imkânsız olan yüksek yoğunlukta aktif bölgeler sunuyor.

Beklendiği üzere, elde edilen yapay enzimlerin doğal versiyonlardan çok daha kararlı ve sağlam olduğu tespit edildi, böylece doğal bir enzimin yapısını bozabilecek bir sıcaklık olan 60 °C’a varan sıcaklıklarda çalışmak mümkün olabildi.

PNNL’de araştırmacı, Washington Üniversitesinde de kimya mühendisliği ve kimya alanında profesör olan Chun-Long Chen, geliştirdikleri ürünün, biyoyakıt ve kimyasal üretiminde kullanılacak bileşikler sağlamak için lignini verimli bir şekilde parçalayabilen ve doğadan esinlenerek üretilen ilk enzim olduğunu söylüyor. Bu önemli gelişme, çevreye zarar vermeden lignini değerli ürünlere dönüştürebilmeyi de mümkün kılıyor. Yeni biyomimetik enzim, katma değeri daha yüksek ürünler elde etmek ve dönüşüm verimini artırmak için daha da geliştirilebilirse endüstriyel ölçekte üretim yapılacak potansiyele de sahip olabilir. Geliştirilen bu teknoloji, diğer uygulamaların yanı sıra havacılık biyoyakıtı ve biyotabanlı malzemeler için de yenilenebilir malzemelere yeni kapılar açıyor. ■



## Kaynaklar

Chun-Long Chen ve ark., “Highly stable and tunable peptoid/hemin enzymatic mimetics with natural peroxidase-like activities”, *Nature Communications*, 2022.  
Xiao Zhang ve ark., “Enzymatic Oxidation of Lignin: Challenges and Barriers Toward Practical Applications”, *ChemCatChem*, 2020.