



Bilim ve Teknik Kulübü

G ü l g ü n A k b a b a

Binlerce yıldır insanoğlundan hiçbir şeyini esirgemeyen, zaman zaman bizlere kızıp köpüren doğa, şimdilerde yeni bir rol üstleniyor: ilham periliği... Son 50 yıldır bilim insanları, doğadaki olağanüstü yapı ve sistemleri görüp bunlardan yola çıkarak yeni teknolojiler geliştirmek çabasındalar. Biyomimetik (biyobenzetim) de bu çabayla ortaya çıkmış bir araştırma alanı. Son yıllarda, fiziksel bilimlerde moleküler ve nano ölçekte kaydedilen gelişmeler ve moleküler biyolojide geline nokta, biyomimetğin moleküler ölçekte ele alınmasına olanak sağladı. Böylece yeni bir disiplin olan "moleküler biyomimetik" doğmuş oldu. Bu alan, inorganiklerden ve inorganiklere bağlanan proteinlerden oluşan fonksiyonel hibrid sistemlerin gelişimi için malzeme bilimleri ve moleküler biyolojinin evliliği olarak da görülebilir. Bu yepyeni ve hızla gelişmekte olan alanı daha yakından tanıyabilmek, kullanılan teknikleri, uygulama alanlarını, Türkiye'de ve dünyada geline noktayı değerlendirmek için, İstanbul muhabirimiz ve İTÜ Moleküler Biyoloji Genetik Bölümü lisans öğrencisi Güldeniz Salalı, moleküler biyomimetik kavramını ortaya atan ve University of Washington'da hem Malzeme Bilimi ve Mühendisliği hem de Kimya Mühendisliği bölümlerinde profesör olan, yöneticiliğini yaptığı "Genetically Engineered Materials Science and Engineering Center" ile birçok farklı disiplinden gelen bilim insanlarını bir çatı altında toplamayı başaran ve Japonya'da Nagoya Üniversitesi'ndeki Ecotopia Science Enstitüsü profesörü, Prof. Dr. Mehmet Sarıkaya ve bu alandaki araştırmaların Türkiye ayağını yürüten, İTÜ Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölüm Başkanı ve İTÜ "Moleküler Biyoloji ve Genetik Araştırma Merkezi"nin yöneticisi, University of Washington misafir öğretim üyesi Doç. Dr. Candan Tamerler ile bir röportaj yaptı.



DOĞADAN YENİ TEKNOLOJİLERE: MOLEKÜLER BİYOMİMETİK

BTK: Biyomimetik, doğada evrimsel süreçle çok uzun zamanlarda oluşan optimize edilmiş, fonksiyonel sistemlerden yola çıkılarak bu sistemlerin teknoloji, mühendislik tasarımı ve tıp gibi birçok farklı alanda uygulamalarının yapılması. Sizler de biyomimetği moleküler düzeyde ele alan ilk araştırmacılarız. Bize öncelikle moleküler biyomimetik hakkında bilgi verir misiniz?

M.S: Biz tabiat anadan dersler alarak, binlerce örneğini gördüğümüz biyolojik malzeme ve sistemlere benzer yapıları, 200-300 yıldır geliştirilen alışlagelmış mühendislik tekniklerini kullanarak yapmanın çok zor olduğunu gördük. Doğanın bunu nasıl yaptığını kendimize sordumuzdaysa molekül seviyesine inmemiz gerektiğini anladık. Bunu da algıladığımızda aklımıza yeni bir soru geldi: "hangi molekülle?" Molekül seviyesine indiğiniz zaman canlılarda karşınıza dört temel molekül çıkıyor, bunlar; DNA, polisakkaritler (şekerler), lipidler (yağlar) ve proteinler. Bunların içerisinde proteinlerin kilit rol üstlendiğini gördük. O zaman dedik ki; eğer biyomimetği teknolojiye uygulayacaksak bunu proteinler sayesinde moleküler seviyede yapmamız gerekiyor.

C.T: Burada aslında doğadan esinlemelerle, yeni teknolojilerin moleküler seviyede yapılmasından bahsediyoruz. Bunu yaparken de, doğada gördüğümüz o bütün kompleks yapıları gerçekleştiren dört ana molekülden yola çıkmamız gerekiyor. Bu noktada DNA'yı bilgiyi depolayan, proteini de o bilgiyi fonksiyona dönüştüren olarak görüyoruz. Örneğin gözümüzü incelediğimizde en gelişmiş kameranın bile gözümüzün hızına erişememiş olduğunu görüyoruz; bunu sağlayan da "rhodopsin" denilen bir protein. İşin ilginç yanı; aynı protein birkaç peptit değişikliğiyle koku ve tat almamıza da yardım edi-

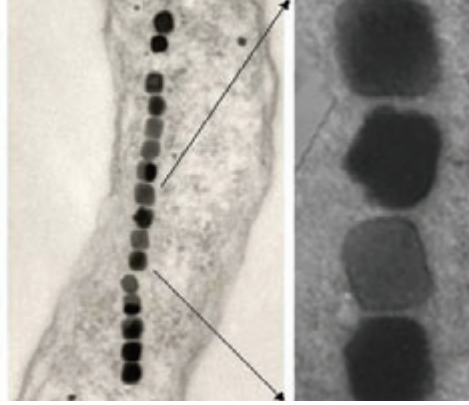


yor. Anladık ki; yeni teknolojiler geliştirirken şu ana kadar geline noktada hep sentetik yollara sapmışız. Oysa; doğa fonksiyon geliştirmeyi çok iyi bir şekilde halletmiş. Biz de bugüne kadar biriken, moleküler biyoloji ve genetik teknikleriyle malzeme bilimlerini birleştirip doğadaki bu bilgilerin sırrını anlayıp teknolojilere yönlendirebilecek durumdayız. O zaman moleküler biyomimetik çok kritik bir rol üstlenmiş durumda. Doğayı taklit ederken moleküler seviyeden başlayıp istediğimiz nano, mikro ve makro boyutuna ulaşabiliriz.

BTK: Sayın Sarıkaya, siz malzeme mühendisliği kökenli ve Sayın Tamer siz de moleküler biyoloji kökenli araştırmacılarız. Biyomimetik üzerine çalışmaya nasıl karar verdiniz?

M.S: Malzeme mühendisliğinin temeli zaten, bir element; örneğin demiri alıp fonksiyonel bir malzeme yapmaya çalışmak. Bunu yapmak için

de o demirin iç yapısını değiştirirsiniz ve çeşitli özellikleri taşıyan demir yaparsınız. Çelik, paslanmaz çelik, süper alaşımlar değişik çeşitte demirlere örnektir. Bunların kullanım yerleri de değişiktir. Sonuçta iç yapısını değiştirerek bir malzemenin özelliklerini değiştirebilirsiniz. Bunun biyolojide çok yaygın olduğunu gördük. Bunun da ilk başta çalıştığımız deniz kabuklarında olduğunu fark ettik. Birçok farklı çeşit deniz kabuğuna baktığımızda hepsinde ortak olan şeyin kalsiyum karbonat, yani tebeşir olduğunu fark ettik. Deniz kabuklarını kırıp içlerine elektron mikroskopuyla baktığımız zaman, hepsinin aynı yapıda olduğunu dolayısıyla, aynı fonksiyonlara sahip olduğunu görüyorsunuz. Bunu görmek bir malzeme bilimcisi için çok ilginç bir durum. Bunu canlıların nasıl yaptığı sorusunu sorunca her deniz kabuğunun farklı farklı proteinlerle tebeşir içeren bir iç yapı oluşturduğunu anladık.



Manyetik bakteri. Su birikintileri ve çamurlarda yaşayan bu bakteriler, yiyecek bulmak için küçük bir ip şeklini oluşturmuş manyetit boncuklardan başka bir şey olmayan pusulalarını kullanıyor. Bu manyetit boncuklar sadece 500 nanometre, metrenin milyarda biri, büyüklüğünde mükemmel kristaller (elmas gibi) ve bilim adamlarının henüz tam keşfedemediği gelişmemiş koşullarda üretilmişler. Biyomimetikçiler, doğadan küçük manyetik parçacıkların nasıl yapılacağını öğreniyorlar. Bu bilgilerle bir gün, sadece yeni nanoteknolojik aletlerin yapılması değil; kanser gibi hastalıkları yenmede terapötik aletler ve protokoller geliştirilmesi sağlanacak.

Aynı şekilde, dişimizde üç tane, kemiklerimizde de bir tane katı doku bulunuyor. Hepsinin de yarısından çoğu kalsiyum fosfattan oluşuyor. Ancak; kalsiyum fosfatın iç yapısı; nanometrede, mikrometrede ve makrometrelerdeki hiyerarşik yapıları değişik; bu da o dokuların içerisinde olan o dokuya özel proteinlerin olduğunu gösteriyor. Protein kullanarak, oda sıcaklığında, suyun içerisinde herhangi bir malzemeyi yapıp iç yapısını değiştirip çeşitli özelliklere doğru mühendislik yoluyla kontrol etmek bir malzeme bilimcisi için biçilmez kaftan. Bunu fark ettiğimiz zaman, doğadaki bu sistemleri kullanarak yepyeni yöntemlerle fonksiyonlarını geliştirebileceğimiz yeni malzeme ve sistemler üretebileceğimizi fark ettik ve bu alana yöneldik.

C.T: Doğadan esinlenerek yeni tip malzeme, sistem ve bunların tasarımı dediğimiz vakit o zaman yalnızca doğanın ürettiği bir iki ürüne değil; doğanın kendisine elinizi uzatabiliyorsunuz ve bütün bu teknolojiler masanızın üzerine geliyor. Dolayısıyla farklı alanlarda temel bilgilerle kendimizi donatabildiğimiz ölçüde, doğadaki sırları algılayabilme hızımız artıyor. Tüm ülke çapında eğitimi de bunları göz önüne alarak iyileştirmemiz gerekiyor; çünkü günümüzde artık alanlar birbirinin içine girmiş durumda.

BTK: Moleküler biyomimetik yeni ve gelişmekte olan hibrid bir metodoloji ve bu nedenle disiplinler arası bir çalışma yürütülüyor. Bu disiplinlerden ve etkileşimlerinden kendi grubunuzdan da örnekler vererek söz eder misiniz?

M.S: Canlılarda her bir doku, katı doku da yumuşak doku da olsa fonksiyonu olan bir malzeme. Bu malzemelerin o dokunun içerisindeki yapı nedeniyle fonksiyonları var. O zaman diyoruz ki; bu yapıları incelemek ve bunun fabrikasyonunu yapmak için malzeme bilimcisine gerek var. Olaylar molekül seviyesinde olduğu için kimyacıya ve kimya mühendisine gerek var; bunların teknolojide kullanılması için makine mühendisine, bilgisayar mühendisine, elektrik mü-

hendisine gerek var. Bu proteinleri yapmak için mikrobiyologlara, genetikçilere gerek var. Dolayısıyla hem malzemeci; fiziksel bilimleri yapanlar, hem biyologlar, hem de bilişim teknolojileri yapanların hepsinin beraber çalışması lazım. Örneğin, malzeme bilimcisi moleküler biyologla beraber çalıştığı zaman işi kolaylaşıyor; çünkü moleküler biyolog proteinleri yapmasını zaten biliyor, bilinen protokolleri kullanarak malzeme için protein tasarlamaya başlıyor ve bu noktada da malzeme bilimciyle ortak çalışıyor. İki alan birleştiği zaman, Candan Hanım'la bizim yaptığımız gibi çok hızlı bir ilerleme kaydediliyor. Bizim kat ettiğimiz bu beş senelik yol; benim kendi başıma 20-30 yılda kat edemeyeceğim bir yoldu. Bizim merkezimiz olan GEMSEC'te (Genetically Engineered Materials Science and Engineering Center) 15 profesör var. Bu profesörler, biraz önce bahsettiğim dallarda araştırmalar yapmış dünya çapında tanınmış bilim insanları.

C.T: Elbette bu araştırmacı sayısı bağlantılarla sürekli artıyor. GEMSEC Seattle'da bulunuyor ve Türkiye'den de merkezle işbirliğine başlayan profesör arkadaşlarımız var. Genetik mühendisliği ile malzeme sistem ve tasarımı dediğimiz vakit bu kavram, Mehmet Bey'in yöneticiliğini yaptığı bu merkezle tescillendi. 2005'den önce böyle bir kavram yoktu. Amerika'da NSF'nin (National Science Foundation) burada TÜBİTAK gibi belirli proje çağrıları oluyor. Bunlar yerleşik alanlarda proje çağrıları yapabiliyorlar. Bu grup her üç yılda bir riskli alanları yaratabilmek uğruna belirli merkez projeleri devreye sokuyor. Şu anda nanoteknoloji gibi birçok alanda bu gibi merkezlerden fikirler ortaya çıkmış; ondan sonra bunlar normal proje döngüsüne getirilmiştir. Bu açıdan baktığımız zaman GEMSEC, NSF tarafından kabul edildiğinde bu noktada gerçekten bir umut olduğunu ispatlamış olduk. Bu merkezin çıktıkları ve yapılan çalışmalarla biz bir iki yıldır, Amerika'da da, Avrupa'da da çok farklı proje çağrılarını görebiliyoruz. Dünyada bu artık ta-

nınmış oldu. Şimdi biz bu doğrultuda İTÜ'de MOBGAM aracılığıyla bunu Türkiye'ye entegre etmeye çalışıyoruz.

BTK: Biyomimetik araştırmalarda çıkış noktasının doğadan esinlenme olduğunu belirtiyorsunuz. Doğada bulunan biyolojik yollarla sentezlenmiş malzemelere birkaç örnek verebilir misiniz? Sizi en çok şaşırtan örnekler nelerdi?

M.S: Beni en çok şaşırtan örnek deniz kabuğu oldu. Midye kabuğunda inci (pearl) denilen bir yapı var; bu yapı katman katman kalsiyum karbonatların olduğu ve aralarında da proteinlerin bulunduğu bir yapı. Doktora sırasında çalıştığım yapıya orta alaşımli karbonu olan çeliklerdi. Bu çelikler tank yapmada, inşaat demiri yapmada, araçların şaselerini yapmada kullanılıyor. Kökeni endüstri devrimine dayanan bu çelik 1960'larda bir değişikliğe uğramış. Bu çeliğin daha dayanıklı ve kuvvetli olduğu ortaya çıkarılıyor; ama bunun neden olduğu bilinmiyordu. Doktora sırasında bunun nedeninin; çeliğin içerisinde bulunan iki faz olduğunu göstermeye çalıştım. Bu çeliklerde katman katman fazların olduğunu, kalın katmanın "martensit" denilen bir faz, ince katmanın da "ostenit" denilen bir faz olduğunu anladık. Tam bu sırada bu inci yapısını *Scientific American*'da bir yazıda gördüm ve hayretler içerisinde kaldım. Buna ve başka deniz kabuklarına baktığımız zaman, onlarda da çeşitli yapıların olduğunu gördük. Biz bunun hem dayanıklılığını, hem de kuvvetini ölçtüğümüz zaman anladık ki; bu şimdiye kadar üretilmiş bütün malzemelerden daha dayanıklı ve daha kuvvetli. O zaman, bizim gerçekten çok dikkatli bir biçimde, yeni bir gözle biyolojiye bakmamız gerektiğini fark ettik. Başka bir örnekteyse, bakterilerde manyetik parçacıkların olduğunu gördük. Bunların, 50 nanometre büyüklüğünde süper-paramanyetik, biyonanoteknolojide kanser sezinlemede kullanılması çok istenen; fakat yapılamayan parçacıklar olduğunu anladık. Bir de süngerler var: bir takım süngerlerin iskeleti silika; yani cam; ama bazı süngerlerde cam iğne şeklinde süngerlerin üzerine kaplıyor. Bu iğne şeklinde olan cam parçacıklarının hem mekanik, hem de optik özelliklerinin endüstride yapılan fiber optikten daha iyi olduğunu ortaya çıkardık. Gerçekten de bu iğne şeklinde olan fiberlerin süngerler tarafından optik malzeme olarak kullanıldığı ortaya çıktı. Bir diğer örnek dişlerimizde bulunan katı dokularla ilgili. Bu yapıların nanometre, mikro ve makro metrelerde hiyerarşik olarak yapıldığını ortaya çıkardık. Bu bilgileri moleküler biyolog ve genetikçilerle paylaştık ve dişteki bu yapıların tekrar üretilmesi olasılığı ortaya çıkmış oldu. Bunlar doğadaki milyarlarca örnekten çalışabildiğimiz birkaçı.

C.T: Aslında bunların dışında birçok örnek, biyolojide, zoolojide, botanikte keşfedilmiş durumda; yalnızca farklı bir gözle bunlara bakabilmek lazım. Biyolojide ve biyoteknolojide kişiler çalışmalarını belirli bir noktaya getirdiklerinden dolayı, burada geriye kalan oradaki dersi görüp

bunu moleküler biyoloji ya da genetik yoluyla yararlı malzemeler olarak yeniden yapmaya çalışmak. O kadar çok örnek var ki... Örneğin NA-SA grubu, yerin çok derinliklerinde yaşam buluyor ve siz bundan yola çıkarak kendinize hangi proteinlerin, ne tip bir yapının 400 derece sıcaklıkta kükürt ortamında bir organizmayı dayanıklı kıldığını soruyorsunuz? Acaba ben bu yapıyı alıp teknolojiye uygulayabilir miyim diye düşünüyorsunuz? Siz aldığınız birkaç tane örneği çok iyi çalıştığınızda, size her yerden esinleme gelebiliyor. Sünger dedik; Mehmet Bey'in sözünü ettiği sünger denizin derinliklerinde 200-300 metrede yaşıyor. O koşullarda ışık esinlemesini yakalamak için kendine muazzam bir optik fiber yapıyor.

M.S: Candan Hanım önemli bir noktaya değindi. Bu sünger denizin derinliklerinde yeşil bir alg ile simbiyotik bir şekilde yaşadığı ve algın güneş ışığına ihtiyacı olduğu için bu cam iğnecikleri optik fiber olarak kullanmak için evrim geçirmiş.

BTK: Araştırmalarınızın püf noktasını inorganik malzemelere bağlanan peptitler oluşturuyor. Bu proteinlerin özelliklerinden ve bunların sentetik malzemelere göre üstünlüklerinden sözeder misiniz?

M.S: Biyolojik organizmalar proteinleri yapıyor, proteinler de malzemeleri ve dokuları yapıyor. Demek ki; bizim pratik uygulamalarda malzemeleri yaparken proteinleri kullanmamız lazım. Proteinler aslında çok büyük moleküller, biz bunların 10 misli 100 misli küçük proteinleri yani peptitleri yapıyoruz. Bu peptitlere de kısaca inorganik malzemelere bağlanan peptitler (GEPI) adını veriyoruz. Şimdiye kadar, kimya mühendisliğinde, biyomühendislikte başka moleküller kullanılıyordu; fakat bu moleküller kimyasal kökenli, sentetik kökenli moleküllerdi. Bun-

larla ilgili üç problem vardı; sayılarının çok az olması, sentezlenmelerinin zor olması ve uygulamalarının ancak o molekülün çalıştığı; belki de biyolojik olmayan bir ortamda geçerli olmasıydı. Bunların biyolojik ortamda geçerliliği ikinci plana atılmıştı. Buna karşılık GEPI'ler biyolojik organizmalar tarafından, bizim istediğimiz şekilde gen mühendisliğine dayanarak tasarlandığı için zaten biyolojik ortamlarda çalışacaktı. Böylece yapılması kolaylaşacaktı ve her ortama ya da malzemeye göre başka bir GEPI yapabilecektik. Dolayısıyla yüzlerce çeşit GEPI'miz var bizim ve hepsi de oda sıcaklığında, suyun içinde ve pH'si 5 ile 9 arası olan ortamlarda çalışabiliyor. Bu nedenle bu küçük moleküllerin, kullanıldığı disiplinler arası alanlarda bir devrim yaratabilecekler.

C.T: Burada çok önemli bir noktayı vurgulamak istiyorum; özellikle de biyoloji alanında çalışanlar bilirler, en büyük başarı moleküler tanımlamadan; yani özgünlükten geçer. Örneğin bir proteinin başka bir proteinle ilişkisi ya da; bir molekülün başka bir moleküle ilişkisi çok özel ve özgündür. GEPI'lerin en önemli özelliği ve var olan sistemlerde olmayan özelliği bu özgünlüktür. Kimyasal yolla yapılan bir şeyde siz o özgünlüğü kazandıramıyorsunuz.

BTK: Yayınlarınızda, araştırmalarınızda "kombinatoryel gösterim tekniklerini" kullandığınızı belirtiyorsunuz. Bu tekniklerden sözeder misiniz? Bir de diğer tekniklerden farkları neler?

M.S: Bu tekniklerden malzeme mühendisi gözüyle kısaca sözedeceğim. Aslında bunun uzmanı Candan Hanım; zaten benim de ilk başta onlarla çalışmamın nedeni de buydu. Doğa kombinatoryel teknikleri kullanır. Milyarlarca çeşit molekülden bir iki tane molekülün işine yaradığını buluyor ve onları kullanıyor. Bu tekniklerin, moleküler biyolojide her gün kullanılan teknik-

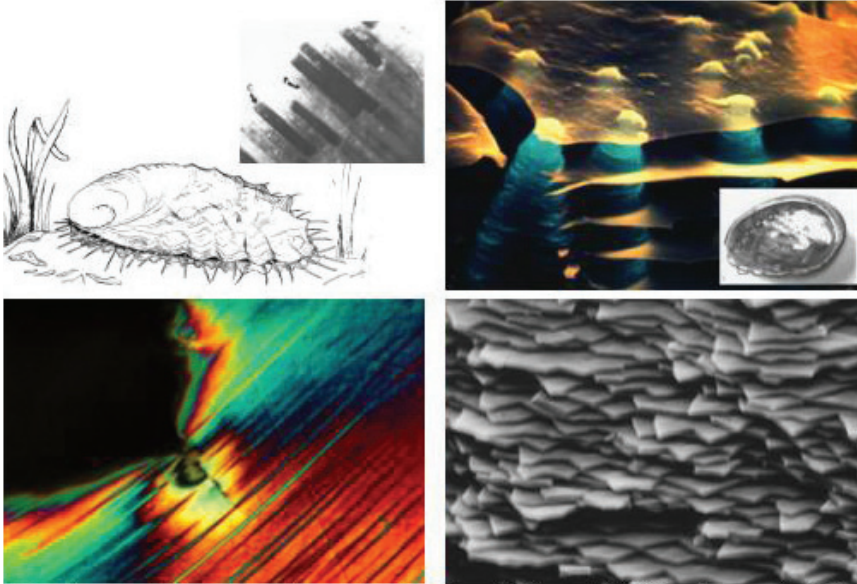
ler olduğunu fark ettiğim zaman, ben oturup bu teknikleri öğreneceğime bir moleküler biyologla çalışmaya karar verdim.

C.T: Ben de, niye kombinatoryel (birleşimsel) olduğunu anlatayım. Biz evrimde mükemmelleşen yapılar gördük; hatta o mükemmelleşen yapıların birçoğunun bir noktadan sonra değişmediklerini de görüyoruz. O zaman ne yapmamız lazım? Bizim yeni teknolojilere doğru geçerken belirli bir peptit ya da protein dizaynına gidebilmemiz lazım. Doğadaki örneği çıkarıp tanımlayıp, oradaki bilgiyi alıp bir yere gitmeye kalkarsak bu çok uzun yıllar alıyor. Örneğin, yalnızca dışın minesinden özümşenen 46 tane protein var; o 46 proteinden yalnızca bir tanesinin belirli bir bölgesinin istediğimiz özelliklere sahip olduğu 10-15 yıllık araştırmalar sonucunda ortaya çıkmış durumda. Elimizde bu kadar çığır açabilecek olanaklar varken, bunları tek tek çalışmak zor bir yol. Biz kombinatoryel biyoloji yoluna gidiyoruz; yani laboratuarda evrimi hızlandırıyoruz.

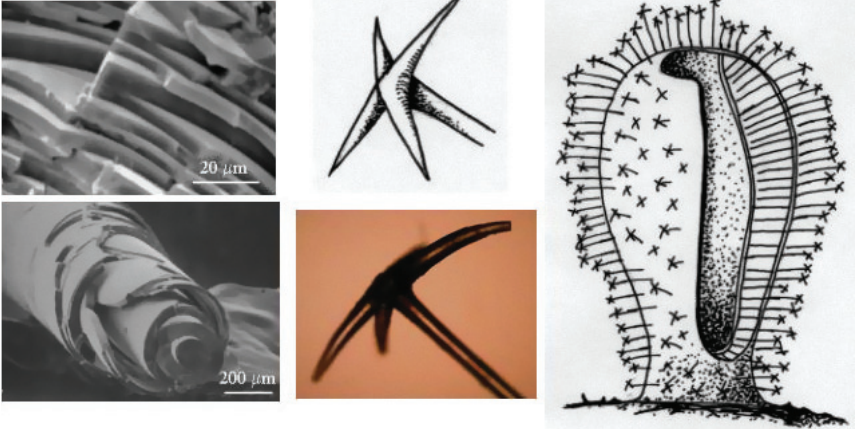
10¹⁰'luk, 10¹³'lük bireyi olan bir grupta, her bir organizmanın, virüsün ya da hücrenin genlerine bu peptitleri yerleştirip bunların bu organizmaların yüzeylerinde gösterilmesini sağlama teknikleri var. Burada genotipi fenotipte gösterecek bir teknikten bahsediyoruz. O zaman sizin kütüphanenizde bulunan 10¹⁰ küsür veya 10¹⁴ küsür bireyinizin her biri farklı bir peptiti gösterebiliyor. Siz istediğiniz malzemeyle bunları etkileştirdiğiniz vakit, bir anda evrimi inanılmaz hızlandırmış oluyorsunuz. Diyelim ki, o peptiti yakaladınız ve birinci jenerasyon bir peptit elde ettiniz. Biz evrimin, tekrar eden döngüler ve yeniden yaptığı mutasyonlarla kendini iyileştirebildiğini göz önünde bulundurup araştırmayı burada bitirmiyoruz. Hızlandırılmış olarak elde ettiğimiz ilk peptitleri daha da özgünleştirmek ve bunlara ek fonksiyonlar kazandırmak için araştırmalara devam ediyoruz. Burada işin içine genetik ve protein mühendisliği ve biyoinformatik dediğimiz bilişim teknolojileri giriyor. Diyelim ki; dünyanın öteki bir tarafında birisi bir dokudan izole ettiği bir proteini çalışmış ve onu data bankasına yerleştirmiş. Biz o zaman kendi elde ettiğimizle yapısı yeni belirlenmiş bu proteini kıyaslayarak kendimizinkini çok daha iyi hale getirebiliyoruz. İki çalışmayı birleştirdiğimiz vakit bir anda iki ya da üç fonksiyonlu yapılar ortaya çıkarabiliyoruz. Dolayısıyla aslında evrimi laboratuvarımızda hızlı ve kontrollü halde, yeni, pratik malzeme sistemleri geliştirmek üzere kullanıyoruz.

BTK: Biyomimetik teknoloji, tıp ve endüstri alanındaki etkilerine ve uygulamalarına birkaç örnek verebilir misiniz? Bir yayınızdaki "biyobenzetim" yaklaşımının yararlı fiziksel ve biyolojik özellikte yeni malzeme sistemleri yaratmadaki potansiyelinin olağanüstü olduğunu belirtmişsiniz. Bu potansiyelden biraz söz edebilir misiniz?

M.S: Malzeme mühendisliğinde demir işlenirken önce, 1550 derecede eritilir, ondan sonra dökülür ve dökülen demir küçük parçacıklara



Sedef. Kaliforniya kıyılarında yaşayan bu deniz kabuklusunun (*Haliotis rufescens*, solda üstte) içi sedeften; kalsiyum karbonat ve protein katmanlarından oluşuyor. Bu tuğla ve harç bileşenli yapı mühendislerce bilinen sert ve güçlü yapı. Bu materyal, sol üstte taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile elde edilen görüntüde olduğu gibi bilim adamlarının "self-assembly" dedikleri bir şekilde formunu alıyor. Bu yapısal özellikler bu canlıların neden bu kadar uzun süre hayatta kalabildiklerini açıklıyor. (550 milyon yıldır!) Bilim adamları ve mühendisler bu yapılardan öğrendiklerini günlük kullanılacak biyomimetik materyallerin yapımında kullanacaklar.



Sol üst ve alt resimlerde SEM mikroskobuyla çekilmiş görüntüler, süngerin iğne şeklindeki cam parçacıklarının mikro ölçekteki iç yapısını göstermekte. Ortada: Çizim ve ışık mikroskobuyla elde edilmiş görüntü her bir iğnenin ucundaki yıldız şeklindeki ışık toplayıcı lensi gösteriyor. Sağda: *Rosella racovitza* adlı Antartika'daki Ross Denizi'nin dibinde yaşayan bir sünger türü. *Rosella* süngerin içinde yaşayan ve ona besin sağlayan bir yeşil algle simbiyotik bir ilişki içinde. Yeşil alg, denizin 200 metre derinliğinde kendisi için gerekli ışığı süngerin iğneleri sayesinde temin ediyor.

ayrılır, onlar tekrar belirli bir sıcaklığa yükseltildiği sonra soğutulur ve bir yapı yaratılmaya çalışılır. Bütün metal örneklerinde, alüminyum, titanyum, ve bakır gibi, işlem böyledir. Seramiklerde de daha değişik bir şekilde iç yapı verilmeye çalışılır. Çok küçük tozucuklar; örneğin alüminyum oksit ya da zirkonyum tozları bir araya sokulur bunların belirli bir yüksek sıcaklıkta birbirleriyle kaynaşmasına ve elle tutulabilecek büyüklükte parçaların yapılmasına çalışılır. Yani malzeme bilimlerinde ancak devamlı sıcaklık kullanılarak malzemenin yapılması, iç yapısının yaratılması ve kontrolü sağlanır. Biz elde ettiğimiz peptitlerle ilk olarak oda sıcaklığında suyun içerisinde malzeme yapmaya koyulduk. Nanoteknoloji bilimi sayesinde de malzemeleri çok büyük yapmaya gerek kalmadı. Kısacası; mühendislik uygulamalarından bir tanesi, su içerisinde ve oda sıcaklığında, küçük parçacıklar halinde yeni malzemelerin sentezlenmesi. İkinci bir uygulama ise; malzemeye şekil vererek sentez yapmak. Nasıl dişteki katı dokular proteinlerin etkisiyle yapı, şekil ve fonksiyon bakımından farklılık gösteriyorsa; biz de malzemelerde bunu yapmak için proteinleri kullanabileceğimizi fark ettik.

C.T: Biz geleceğe bir projeksiyon yapıyoruz; ama gelecek artık bizim çok yakınımızda. Üretim teknolojileri, prosesler ve ürün tipleri tekstilinden tutun, boyasına çıkan, dezenfektanlarına girin, hepsi değişiyor; bütün bu antibakteriyel antifungal özellikler bu değişimin örneklerinden. Ancak; bizim doğada gördüğümüz, yayınlarımızla anlattığımız her şeyin ertesi günü teknolojide direkt ürününü görmemizi beklemek birazcık zor olabilir. O ürünler gelişirken; bir yandan da sizin buradan aldığımız derslerle ve yeni biriken bilgilerle var olan ürün teknolojilerinizi enerji açısından çok daha verimli hale getirmemiz mümkün.

Kimyasal teknolojilerden tıp ve biyokimyasal analizler alanına geçelim. Şu anda yapılan tüm analizler; teşhis, takip ve tedavi, bir çok açıdan çok ilkel ve bu analizlerde hata oranı yüksek sistemler kullanılıyor. Daha yeni yeni robotik sistemler ortaya çıkmaya başladı. Bu alanlarda dünyanın

hedeflediği nokta; tek bir molekülü tespit edebilmek ve bu tespiti hızlı bir şekilde yapabilmek. Bu araştırmalarda çok büyük bir açılım ve hareketlilik var. Ayrıca, yapmış olduğunuz sistemi çok ücra bir köşedeki kişiye de ulaştırabilmeniz lazım ki bu da milyonlarca dolarlık bir yatırımla olmaz; çünkü hiçbir köye siz milyonlarca dolarlık bir yatırımı getiremezsiniz. O zaman çok basit çiplerle, çok basit tekniklerle bilgileri alabilmeniz lazım.

M.S: Böyle çiplerin böyle detektörlerin yapılabilmesi için zaten çeşitli bilim dallarında çalışmalar yapıyor. Biz de buraya bu peptitleri getirerek bu işi daha kolay yapabileceğimizi düşünüyoruz.

C.T: Doğadaki "kendi kendine iyileştirme; self healing" dediğimiz kavramı ele alarak rejeneratif tıpta da çok büyük açılımlar yapmak mümkün. Şu anda vücudumuzda kırılan bir yerin tedavisinde platinler veya titanyum gibi biyolojik olmayan malzemeler kullanılıyor; ancak bu teknolojiyle omurilik yaralanmalarında olsun, kemik kırılmalarında olsun dişte olsun bu peptitler kullanılabilir. Kanser tedavisinde de bayağı bir ilerleme kaydedilmiş olsa da, bazen teşhiste çok geç kalmış olabiliyor. Biz kanseri daha küçükken ve yayılmamışken, geliştirdiğimiz peptit ve nanoparçacık hibridini içeren fotonik yollarla teşhis edip devre dışı bırakabileceğimizi söylüyoruz.

BTK: Yurt dışında ve Türkiye'de biyomimetik çalışmalarını ne durumda?

M.S: Bu konuda çalışanların bir çatı altında toplanması Candan Hanım'la işbirliği içine girdiğim için ilk olarak Amerika'da gerçekleşti. Daha sonra bu çalışmalar; Japonya, Kore, Çin, Tayvan ve Güney Asya'daki başka ülkelerde yapılmaya başladı. Avrupa'da özellikle Almanya'da, İngiltere'de ve İtalya'da bu etkileşimler hızlanmaya başladı. Böyle disiplinler arası bir bilim alanında, dünyanın daha yolun başında olması nedeniyle Türkiye'nin de bu yolda başı çekmesi ya da başı çekenlerin içinde olması için bile değil diye düşünüyoruz ve bu nedenle Türk doktora öğrencilerine olanaklar sağladık. Zaten Candan Hanım da İTÜ MOBGAM'da (Moleküler Biyoloji-Biyoteknoloji ve Genetik Araştırma Merkezi) grubuyla

yaptığı çalışmalarla burayı başta gelen grupların içerisine sokmuş durumda.

C.T: Ben burada dünya ile ilgili bir iki şey söyleyeceğim. Mehmet Bey'in Amerika'daki enstitüsünün yanı sıra Japonya'da da Ecotopia Bilim Enstitüsü'nde misafir profesör olmasından dolayı bu bölgedeki grupları yakından takip etmesi mümkün oluyor. Çalışmaları yakından takip etmek çok önemli; çünkü bir araştırma yapıldıktan ancak bir iki yıl sonra onun yayını çıkmış oluyor. Örneğin; bizim bu yıl çıkan yayınlarımız iki yıl önce yaptığımız çalışmaların sonuçlarını kapsıyor. Bizler belirli toplantılara, davetli konuşmacı olarak çağırıldığımızdan dolayı, biraz önce saydığımız ülkelerde hangi grupların ne kadar hızlı hareket etmeye başladığını, bizlerin hangi noktada olduğunu görebiliyoruz. Örneğin Kore'nin bu alana ne kadar yatırım yaptığını siz 3 ay önceden bir toplantıda duymuş oluyorsunuz. Türkiye açısından bunun çok büyük bir önemi var; özellikle biyolojik sistemlerin teknolojiye uygulanabileceğini göstermekle gelişen alanların dünyada yeni yeni oluştuğunu göz önüne alırsak. Bu sözüme bir çok kişi kızabilir ama; bizler bir şeyler anca risk faktörünü attığında, dünyada bir çok örneği görüldüğünde bu şeyleri yapmaya başlıyoruz. Herhangi bir yatırımcı da "bunda herkes şu kadar parayı kazanmış ben de bu işe gireyim" dediği zaman yakalamaya çalıştığı tren çoktan kaçmış oluyor. "Atı alan Üsküdar'ı geçti," diye bir laf vardır, o buraya çok uygun. Bu nedenlerle Türkiye'deki grupları da mümkün olduğunca takip etmeye çalışıyoruz; bu doğrultuda yaptığımız birkaç faaliyeti anlatmak istiyorum. Mehmet Bey ile GEMSEC ve İTÜ MOBGAM olarak iki yıldır biyonanoteknoloji alanında çalıştay düzenliyoruz. Bu çalıştayımızda da her yıl 150'nin üzerinde katılımcımız oluyor ve Türkiye'den, Amerika'dan, Avrupa'dan ve bu sene ilk defa Japonya'dan ve Çin'den değerli bilim insanları geliyor. Gerçekten çok kritik ve önde giden çalışmaları olan ve bizim kişisel olarak da tanıdığımız kişileri buraya getiriyoruz. Onun dışında biz geçen yıl TASSA (Turkish American Scientists and Scholars Association) grubundan bazı üyelerle ulusal nanobiyoteknoloji ağı kurduk. Burada amacımız; global biyomimetik ağını Türkiye'ye de entegre etmek ve farklı üniversitelerden grupları disiplinler arası araştırma projelerinin içine çekip AB fonlarını hızla hareket ettirmek. Bir yandan da Bilkent'te Prof. Salim Çıracı başkanlığında kurulan ulusal nanoteknoloji merkeziyle uzun vadeli, ciddi çalışmalarımız oluyor.

Biz bir bayrak taşıyoruz ve bu bayrağı taşıyanların sayısı da artıyor. Ama; asıl beklentimiz bu bayrağı genç arkadaşların da canı gönülden taşıdığını görmek.

Kaynaklar:
Mehmet Sarıkaya, Candan Tamerler, Alex K.-Y. Jen, Klaus Schulten and Fransuva Baneyx, "Molecular Biomimetics: nanotechnology through biology", NATURE Materials, 2 (9), 577-585, 2003
<http://depts.washington.edu/gemsec/>
<http://depts.washington.edu/bionano/index.html>
<http://faculty.washington.edu/sarikaya/biomimetics.html>
<http://www.bio.itu.edu.tr/tamerler/>
<http://en.wikipedia.org/wiki/Bionics>
<http://www.bath.ac.uk/mech-eng/biomimetics/about/>
<http://www.biomimicry.net/>