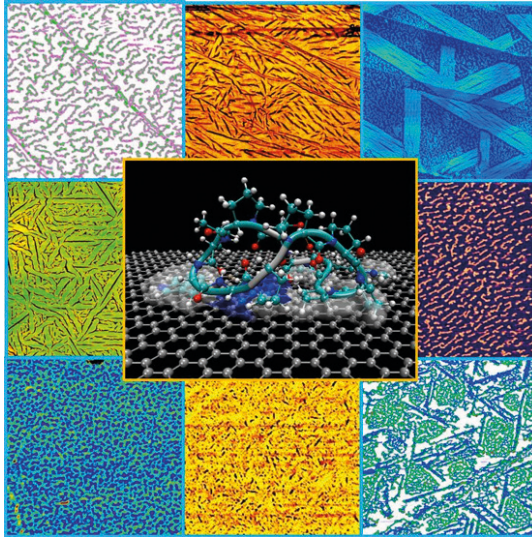


Prof. Dr. Mehmet Sarıkaya Anlatıyor: Moleküler Biyobenzetim ve Doğayı Taklit Ederek Mükemmel Malzemeler Geliştirmek

12-13 Temmuz 2012 tarihlerinde İstanbul'da Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK tarafından düzenlenen Yurtdışındaki Bilim İnsanları Kurultayı'na yurt dışında yaşayan pek çok Türk bilim insanı katıldı. Kurultaya katılan, aynı zamanda da bu kurultayın mimarlarından olan Washington Üniversitesi Genetik Mühendisliği Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Merkezi'nin (GEMSEC) yöneticisi Prof. Mehmet Sarıkaya nanoteknoloji ve moleküler biyobenzetim konusunda dünyanın önde gelen uzmanlarından biri. Prof. Sarıkaya'nın araştırmaları, doğadaki süreçlerin benzerlerinin laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesiyle yürütülen ve kanser teşhisinden biyomoleküler yakıt pili üretimine, dış dolgu su üretiminden sinir hücrelerinin hasarı ve kaybı sonucu oluşan Parkinson ve Alzheimer gibi hastalıklara çare olabilecek uygulamalara kadar aslında çok geniş bir alanın sadece küçük bir kısmı. Yaz dönemini geçirdiği Bilkent Üniversitesi Ulusal Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'ndeki (UNAM) ofisinde görüştüğümüz hocamızla hayatı, projeleri, ABD'deki Türk öğrencileri, teknoloji transferi ve bilim politikası gibi pek çok konuda sohbet ettik.

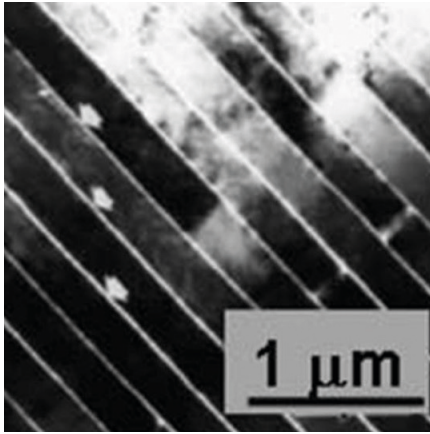


Prof. Dr. Mehmet Sarıkaya'nın bilime olan ilgisi ortaokul yıllarında başlıyor. Hatta o yıllardan itibaren iyi bir *Bilim ve Teknik* dergisi okuyucusu olduğunu söylüyor. ODTÜ Malzeme ve Metalürji Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra demir ve çelik konusu üzerine doktora yapmak için Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'ne

gidiyor. O yıllarda henüz Türkiye'de bulunmayan elektron mikroskobu da ilgisini çekiyor. Kendisi ODTÜ'de 2. Sınıftayken, ABD'den Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'ne geri dönen beş yardımcı doçenti kendisine örnek alıyor ve doktorasını bitirince Türkiye'ye dönmeyi planlıyor. Yüksek lisans ve doktora derecelerini Kaliforniya Üniversitesi Malzeme Bilimleri ve Mühendisliği Bölümü'nden 1979 ve 1982 yıllarında alıyor. Ancak doktora sonrası çalışmalarını sürdürmek için ABD'de bir süre daha kalmaya karar veriyor. Kısa süren doktora sonrası çalışma sürecinden sonra kendisine yardımcı doçentlik teklifi geliyor. Ama aklında hâlâ ülkeye dönmek var. Bu sırada hazırladığı bir projeyi ABD'nin TÜBİTAK'ı olan ABD Ulusal Bilim Vakfı'na ve ABD Enerji Bakanlığı'na sunuyor. Henüz yeşil kartı olmayan, sadece H1 vizesi olan Prof. Sarıkaya'nın projesi her iki yerden de kabul ediliyor. Verilen desteklerden biri 850.000 dolar, diğeri 1.000.000 dolar. O ülkenin bilime verdiği asıl önemi de işte o zaman anlıyor. Vatandaşı bile olmayan birine verdiği bu destek sayesinde, ABD'de kalma süresini uzatan Prof. Sarıkaya doçentliğini de orada alıyor ve ardından profesörlük geliyor.

Deniz Kabuğu Çelikten Daha Dayanıklı

Scientific American dergisinde yayımlanan bir sayfalık bir yazıda yer alan, elektron mikroskobu ile elde edilmiş bir deniz kabuğu görüntüsü, Prof. Mehmet Sarıkaya için malzeme bilimiyle biyolojinin kesişme noktası oluyor. Deniz kabuğunun yapısının inşaatlarda, köprülerde, uçakların karaya inme mekanizmalarında, araba şasislerinde kullanılan çeliğin iç yapısına benzediğini görüyor. Literatürde hiç kimsenin bu yapıyı, bir katı cismin içinden yüksek enerjili elektronlar geçirilerek görüntülenmesi yöntemiyle (yani geçirmeli elektron mikroskobuyla) incelemediğini fark edince, bu konudaki deneyiminden yararlanarak hemen bir örnek hazırlıyor ve örneği geçirmeli elektron mikroskobunda incelemeye başlıyor. Yoğunluğuna göre hem dayanıklılığı hem de kuvveti açısından çelikten daha iyi bir malzeme olan deniz kabuğunu, tabiat ananın 500.000.000 yıl önce nasıl oluşturmuş olabileceğini düşünüyor. Deniz kabuğunun yapısında, iki tebeşir -ya-



Deniz kabuğundaki incinin geçirimli elektron mikroskobu ile çekilen ilk fotomikrografi. Koyu renk ve gri mikrokatanlar tebeşir, açık renk nanokatanlar protein ve şeker moleküllerinden oluşan moleküler kompozit.

ni iki kalsiyum karbonat- mikrokatanının arasında protein ve şeker içeren daha da ince bir moleküler kompozit nanokatanı yer alıyor. Çalışmalarını sürdüren Prof. Sarıkaya protein yerine metal, kalsiyum karbonat yerinde de seramik -örneğin boron karbid veya alümi-

na- koyarak elde ettiği yapının dayanıklılığını 3 kat artırabiliyor. Oysa deniz kabuğunun dayanıklılığı içerdiği malzemelerden 40-50 kat fazla. Ama bu dayanıklılık derecesine geleneksel mühendislik yaklaşımlarıyla ulaşmanın mümkün olmadığını görüyor. Aklındaki diğer soru ise kalsiyum karbonatın proteine nasıl yapıştığı. Aslında bu sorunun cevabı hâlâ tam olarak bilinmiyor. İşte böyle başlıyor Prof. Mehmet Sarıkaya'nın moleküler biyoben-zetim macerası.

Moleküler Biyobenzetim

Prof. Sarıkaya moleküler biyobenzetim olarak adlandırdığı, disiplinlerarası yeni bir alan ile inorganik malzemelere seçici olarak bağlanabilen peptidleri tespit ederek doğada gerçekleşen süreçlerin benzerlerini laboratuvar ortamında tekrarlamayı amaçlıyor. Yani bir malzeme bilimci olarak, doğayı moleküler seviyede taklit ederek mükemmel malzemeler geliştirebileceğinin farkına varıyor. Örneğin diş ve kemik farklı biyolojik dokulara sahip olsalar da, ikisinin de içeriğinde hidroksiapatit minerali olduğunu, farklı dokuların dişteki ve kemikteki proteinlerin farklı olmasından kaynaklandığını görüyor. Bu nedenle araştırmalarını proteinlerden yola çıkarak sürdürmek istiyor. 200-500 aminoasitten oluşan doğal proteinlerin amacına ulaşmasını engelleyecek kadar büyük ve karmaşık olması nedeniyle, proteinlerden 10-20 kat daha küçük olan, 10-20 aminoasitten oluşan peptidleri kullanmanın uygun olacağına karar veriyor.

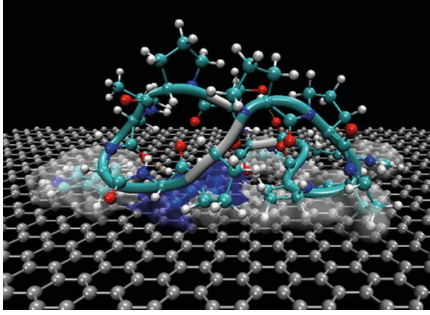
Prof. Dr. Mehmet Sarıkaya araştırma ekibine mutlaka bir moleküler biyoloğun da katılması gerektiğini düşünüyor ve işte tam o günlerde İTÜ'de öğretim üyesi olan Prof. Dr. Candan Tamerler ile tanışıyor. Prof. Sarıkaya'nın fikirlerinden ve çalışmalarından çok etkilenen Candan Tamerler birlikte çalışmak üzere sık sık ABD'nin gidip gelmeye başlıyor.

Yapay evrim dedikleri bir süreçle virüs proteinleri kullanılarak gerçekleştirdikleri çalışma, bilim çevrelerinde büyük yankı uyandırıyor. Araştırma ekibinin güvenliği açısından, sadece bakterileri enfekte

eden, 12 aminoasitlik doğrusal bir proteine sahip bir virüs ile çalışıyorlar. Çalışmalarını şöyle özetliyor Prof. Sarıkaya: "Hazır alınabilecek bir kit ile kitin protokolüne uygun olarak bu virüs proteinlerinden 100 milyar çeşit peptid yapmak mümkün. Yani çok kısa zamanda milyarlarca değişik dizilim elde edilebiliyor. Altını ve virüsten izole edilen proteinleri aynı ortama, yani bir deney tüpüne koyuyorsunuz. Bazı peptidler altına yapışıyor, 4-5 yıkama işleminin sonunda altına en iyi bağlanan 40-50 çeşit aminoasit dizilimindeki peptidleri elde etmiş oluyorsunuz. Geri kalan milyarlar-

Sarıkaya bugüne kadar doğadan esinlenip teknolojiye yansımış gelişmelere örnek olarak günlük hayatta "cırt cırt" dediğimiz "velkro"yu veriyor. 1948'de George de Mestral isimli bir bilim insanı köpeğiyle eve dönerken köpeğinin tüylerine ve pantolonuna yapışan pıtrak bitkilerinin tutunma özelliklerini mikroskop altında incelediğinde minik çengellerden oluşan bir yapı görmüş. Bu yapıdan esinlenerek de velkronun hayatımıza girmesini sağlamış. Uçakların kanat yapısının da kuş kanadının kavisli yapısıyla aynı olduğunu belirten Prof. Sarıkaya doğadan gelen teknolojiye başka bir örnek olarak da köpek balıklarının derisiyle hız arasındaki ilişkiden yola çıkılarak tasarlanan, sürtünmeyi azaltıp hızı arttıran (ancak artık yarışlarda kullanımı yasak olan) mayoları veriyor. Bu esinlenmelerin hepsi yapısal biyobenzetime örnek. Prof. Sarıkaya yapısal biyobenzetim alanının kendi araştırma alanı olan moleküler biyobenzetimden farklı olduğunu, ama kökenlerinin aynı olduğunu da sözlerine ekliyor.

ca peptid işe yaramadıkları için atılıyor. İşte yapay evrim bu." Örneğin böyle bir çalışmada demir kullanılmıyor, çünkü demir oksitleniyor, altın oksitlenmiyor. Prof. Sarıkaya ve ekibi bu çalışmalar sonucunda laboratuvarlarında 25 ayrı malzemeye bağlanan binlerce "yapay" peptid elde etmiş.



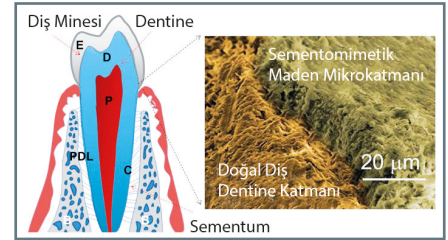
Grafene bağlanan, kristalin atom yapısını yüzeyde algılayan, 12 aminoasit uzunluğunda yapay evrimle geliştirilmiş akıllı peptid (peptid modelini hazırlayan E. E. Ören)

Örneğin grafene bağlanan bir peptid tespit etmişler ve grafene bağlanan peptidin grafenin elektronik yapısını değiştirdiğini görmüşler. Prof. Sarıkaya, dolayısıyla peptidin aminoasit dizilimindeki değişikliklere göre grafende istedikleri yapısal değişiklikleri yapabileceklerini ifade ediyor. Böylece organik bir madde kullanılarak inorganik bir maddenin özelliğini değiştirmenin mümkün olacağını, yani bir anlamda canlı malzemeyle cansız malzemenin birleştirilebileceğini sözlere ekliyor. Ancak peptid, malzemenin yüzeyini nasıl tanıyor? Henüz bunu anlamamızı sağlayacak deneysel veya kuramsal bir teknik yok; dolayısıyla araştırmalara hem deneysel moleküler spektroskopik ve görüntü algılama, hem de hesaplamalı biyoloji ve modelleme yöntemleri kullanılarak devam ediliyor.

Tüm bu araştırmaların uygulamaları kanser teşhisinden biyomoleküler yakıt pili üretimine kadar uzanıyor. Diş kökünde yer alan ve zamanla yok olan diş minesini denilen yapının yerine konulabilecek, dişle aynı malzemeye sahip diş dolguları ya da Parkinson, Alzheimer gibi sinir hücrelerinin hasar görmesi ve kaybı sonucu oluşan hastalıklara çare olabilecek uygulamalar bu araştırmaların sonuçlarından sadece birkaçı. Prof. Sarıkaya'nın önem verdiği noktalardan biri de kısa zamanda insanlığın hizmetine sunulabilecek sonuçlar elde edilebilecek, örneğin sağlık alanında veya verimli enerji üretimi alanında çeşitli konulara odaklanmak. Üniversitelerde yapılan araştırmaların uygulamaya geçmesi, kendisinin yaptığı araştırmalar için de öncelik kazanmış durum-

da. Bize ABD'den örnek veriyor ve "orada araştırma fonu alabilmek için uygulama göstermek gerekiyor" diyor: "Temel çalışmalar da çok önemli, temel çalışma olmadan uygulama olmaz. Uygulamaları mutlaka sıralamak lazım, ki bizden sonra gelip bu çalışmalarını sürdürececek kişilere yol gösterebilelim". Üniversite-sana-yi işbirliği konusunda da ABD'nin kurduğuna benzer bir sistemin Türkiye'de de kurulabileceğine inandığını belirtiyor ve ABD'deki süreci özetliyor: "Yapılan her bilimsel çalışma sonucunda ortaya bir teknoloji çıkıyor. Önce bu teknolojinin çalışıp çalışmadığı değerlendiriliyor, bu teknolojinin başkası tarafından önceden bulunmuş olmadığı ve çalıştığı ispat edilirse patentinin alınıp pazarlanması için çaba harcanıyor. Tüm bu süreçlerde en önemli nokta ise ulusal bir bilim politikasının olması ve bu adımların o kapsamda atılması". Bilimsel çalışmanın yapılması için para gerekiyor. Bu kaynak ABD'de, araştırma konusuyla ilgili bakanlıklara bağlı birimlerden geliyor. Örneğin Sağlık Bakanlığı'na bağlı Ulusal Sağlık Enstitüsü'nden (NIH), Başkanlık'a bağlı Ulusal Bilim Vakfı'ndan (NSF), Enerji Bakanlığı'na bağlı DOE'den, Savunma Bakanlığı'na bağlı Ordu Araştırma Ofisi'nden (ARO), Hava Kuvvetleri Araştırma Ofisi'nden (AFOSR), Deniz Araştırma Ofisi'nden (ONR) mali kaynak sağlanıyor. Projelerde ise örneğin "dünyanın en güçlü ordusu olması için 30 sene sonraki bir ordu nasıl olmalı" ya da "köprülerin, yolların, kanalların yapılabilmesi için şimdiye kadar yapılmamış hangi çimento teknolojisi kullanılmalı" gibi sorularla önce neye ihtiyaç olduğu tespit ediliyor. Üniversitelerin web sayfalarında, pazarlama merkezi siteleri var. Bu web sitelerinde bir buluşu yapan kişinin ve buluşta payı olan diğer araştırmacıların isimlerini, buluşun hangi laboratuvarında yapıldığı bilgisini, buluş hakkında bir paragraf uzunluğunda bir özet de içeren çeşitli bilgilerin olduğu ve buluşu yasal olarak o üniversitenin korumasını sağlayan formlar var. Dolayısıyla dünyanın başka bir yerinde, başka bir kişi bir saat arayla aynı buluşu yap-

tıysa da hak iddia edemiyor. Daha sonra üniversitenin belirlediği uzman kişiler buluşu yapan araştırmacılarla görüşüyor ve uygun görürlerse buluş sahibinin bütün makalelerini ve bilimsel raporları ısıtıyorlar. Kısa süre içinde buluşla ilgili yeni bir makale yazılması da isteniyor. 6 ay-1 sene içinde hem ABD'de hem de dünya çapında geçerli bir patent çıkıyor.



Yapay evrim ile elde edilen peptidin yapısı, doğal evrimle gelişmiş proteinin yaptığı hidroksiapatit parçacıklarının mikroyapısı ile aynı. Ortaya çıkan sementomimetik mikrokatmanın dişlerin tıbbi bakımında kullanıma potansiyeli var.

Prof. Sarıkaya ABD'deki bir programa öğrenci olarak katılıyor. "Buluş Orduları Programı"nın amacı buluşları olan profesörlere buluşlarına uygun pazar bulmayı öğretmek. İş adamları profesörlere üç ay süreyle nasıl pazarlama yapılacağını öğretiyor, siz de dünyanın her tarafında buluşunuz için uygun pazar arıyorsunuz. Prof. Sarıkaya da "sementomimetik" adını verdikleri buluşla katılmış bu programa. Diş kökünde 20 mikron kalınlığında sementun denen bir yapı bulunuyor. Diş, çene kemiğine bu katı doku ve lifler aracılığıyla bağlanıyor. Prof. Sarıkaya ve ekibi diş minesinin proteinlerini oluşturan daha küçük peptidleri yapay evrim yolu ile keşfetmiş. Bunları biyoinformatik yöntemlerle geliştirip dişin üzerine koyduklarında, hepimizin zaman zaman yaşadığı diş aşınmasının yok olduğunu, hatta küçük peptidlerin aşınan yüzey üzerinde bir mineral mikrokatmanı oluşturduğunu görmüş. Açacakları şirket işte bu konuyla ilgili. Prof. Sarıkaya konuyla ilgili olabilecek yüzlerce kişiyle görüşmüş, örneğin diş hekimleri, diş macunu üreten firmalar, sağlık sigortası yetkilileri.

Prof. Mehmet Sarıkaya aynı zamanda TÜBİTAK Başkanlık Bilim ve Teknoloji Danışmanı. Bu görevi kapsamında da TÜBİTAK'ta çeşitli çalıştaylar düzenliyor. 2011'in Ekim ayında düzenlenen ve TÜBİTAK'ın bütün enstitülerini kapsayan çalıştayda stratejik araştırma programları incelenmiş. Enstitülerin bilimsel yanları ve üzerinde çalıştıkları konular itibarıyla birlikte çalışmalarına da odaklanılan bu çalıştayın ardından, üç çalıştay daha yapılmış ve birlikte çalışması gereken enstitülerin bir araya getirildiği, ortak olarak yapılabileceklerle ilişkin bilimsel ve teknolojik konuların tartışıldığı, süreçleri de açığa çıkaran bir platform hazırlanmış. Enerji, kimya ve malzeme alanlarında geleceğe yönelik ortaklaşa çalış-

labilecek konuların belirlenmesi amacıyla yapılan ilk çalıştaya yetkin bilim insanları, söz konusu alanlarda deneyimli özel sektör uzmanları, ilgili enstitülerden ve kamu kurumlarından sözcüler katılmış. İkinci çalıştay Çevre, Gıda, Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji enstitüleri arasında gerçekleştirilmiş ve her bir alanı ilgilendiren konuların yanında üç alanı da ilgilendiren bilgiler ve pratiğe yönelik araştırma konuları ortaya çıkarılmış. Stratejik araştırma konularını saptamak için üçüncü çalıştay Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Enstitüsü ile BİL-GEM arasında gerçekleştirilmiş; burada da ulusal genom projesine önyak olabilecek konular saptanmış. Tüm çalıştaylarda hazırlanan raporlarda ise çalıştayların amaçları-

na, tartışılan stratejilere ve çalıştay sonrası çıktılara yer verilmiş. Kendisinin gelecek için arzusu böyle ortaklaşa çalışmaların süreklilik göstermesi, bilim politikalarının ülkemizde bilimi temsil eden bilim insanları tarafından dünya kalitesinde belirlenmesi, bilimsel araştırmaya verilecek fonların ülkemizde temel bilimin kalitesini artıracak konularda verilmesi, bunlardan çıkan teknolojinin fikir haklarının alınması, ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda seçilmiş konularda olması, bunun da ülkenin geleceği için stratejik bir konu olduğunun hem bilim insanları, hem sanayiciler, hem de politikacılar tarafından ortaklaşa benimsenmesi.

Patent üniversiteye ait, araştırmacının payı % 10'dan az. Eğer buluş sahibinin yeni açılan bir şirketi varsa, patent buluş sahibine lisans olarak kiralanıyor. İşte bilimden teknoloji transferine giden yol bu. Teknoloji transferi sürecinde başka pek çok çıktı daha elde ediliyor. Örneğin akademik yayınlar yapılıyor, çok nitelikli ve donanımlı araştırmacılar ortaya çıkıyor, yani insan kaynakları da sağlanıyor. Diğer bir çıktı ise fikir hakları ve patentler. Prof. Sarıkaya, patent alma sürecinde en önemli role sahip olan "patent avukatı"nın nasıl olması gerektiğini de tarif ediyor. Ona göre patent avukatı olmak için hukuk fakültesini bitirmek yetmiyor. Böyle bir avukatın aynı zamanda biyoloji, fizik ya da kimya gibi temel bilimlerden de lisans derecesiyle mezun olması gerekiyor ya da hukuk fakültesini bitiren avukatın bu bölümlerden birinde yüksek lisans yapması gerekiyor. Prof. Sarıkaya bilimsel bir çalışmanın teknolojiye uygulanması yolculuğunu işte böyle özetliyor.

10 yıldır Prof. Tamerler ile çalışan Sarıkaya'nın İTÜ'de de bir ofisi var. Toplam on altı Türk öğrencisi olan Prof. Sarıkaya'nın bu öğrencilerinden on ikisi doktora çalışmalarına, dördü doktora sonrası çalışmalarına devam ediyor. Prof. Sarıkaya Türk öğrencilerin ABD'de doktora yapmak yerine doktora Türkiye'de başlayıp doktora çalışmalarında belli bir aşamaya geldiklerinde altı aylığına, bir yıllığına ya da iki yıllığına ABD'ye gitmesini, orada kazandıkları deneyimler sonrasında Türkiye'de mezun olup, makalelerini Türkiye'deki üniversitelerinde yazmalarını öneriyor. Kendi doktora öğrencileri için böy-

le bir yol izleyen Prof. Sarıkaya öğrencilerine mali desteği de ABD'den sağlıyor. Ayrıca doktora sonrası çalışmanın önemini vurguluyor. Bu nedenle doktora sonrası çalışma programlarının sayısının artması gerektiğini özellikle vurguluyor.

Yurt dışında yaşayan ve bilimsel çalışmalarını yurt dışında sürdüren bir bilim insanı olarak kesin dönüşü ne savunuyor ne de bu fikrin karşısında olduğunu belirtiyor. Kesin dönüşü düşünmeyen bir bilim insanının mutlaka yılın birkaç ayını ülkesinde geçirmesinin, buradaki bilim insanlarıyla ortak çalışmalar yapmasının, 12 ay burada kalmaktan bile daha yararlı olabileceğini düşünüyor ve yurt dışında yaşayıp da yurda dönmeyi düşünmeyen bilim insanlarına bunu kesinlikle öneriyor.

Buluşunu teknolojiye dönüştürerek pazar bulma macerasını böyle özetliyor Prof. Sarıkaya. Yapılan temel araştırmaların ve bilimin sanayide yer almasını çok önemsiyor ve bunun için en gerekli ve önemli şeyin, teknoloji transferinin ilk adımı olan ulusal bilim politikalarının oluşturulması olduğunu vurguluyor.

Kaynaklar

Sarıkaya, M., "Biomimetics: Materials Fabrication through Biology," *Proc. Natl. Acad. of Sci., USA* (PNAS), Sayı 96, s. 14183-14185, 1999.
Sarıkaya, M., Tamerler, C., Jen, A. K. Y., Schulten, K. ve Baneyx, F., "Molecular Biomimetics: Nanotechnology through Biology," *Nature Materials*, Cilt 2, Sayı 9, s. 577-585, 2003. Kapak resmi ve *Moleküler Biobenzetim* üzerine ilk makale Tamerler, C. ve Sarıkaya, M., "Molecular Biomimetics: Nanotechnology and Molecular Medicine Utilizing Genetically Engineered Peptides", *Philosophical Transactions-A*, Sayı 367, s. 1705-1726, 2009.
Oren, E. E., Notman, R., Kim, I. W., Evans, J. S., Walsh, T. R., Samudrala, R., Tamerler, C. ve

Sarıkaya M., "Probing the molecular mechanisms of quartz-binding peptides," *Langmuir*, Cilt 26, Sayı 13, s. 11003-11009, 2010.
So, C. R., Hayamizu, Y., Yazici, H., Gresswell, C., Khatayevich, D., Tamerler, C. ve Sarıkaya, M., "Controlling Self Assembly of Engineered Peptides on Graphite by Rational Mutation," *ACS Nano*, Cilt 6, Sayı 2, s. 1648-1656, 2012.
Güngörmüş, M. Oren, E. E., Horst, J. A., Fong, H., Hnilova, M., Somerman, M. J., Snead, M. L., Samudrala, R., Tamerler, C. ve Sarıkaya, M., "Cementomimetics - constructing a cementum-like biomimeticized microlayer via amelogenin-derived peptides," *Int. J. Oral Sci.*, Sayı 4, s. 69-771, 2012.