

Doğadan Gelen Malzeme

Küçük deniz canlıları, malzeme bilimcileri oldum olası kaskandıran girinti ve çıkıntılarla bezenmiş mikroskobik kabuklar oluşturuyorlar. Işnıllar, diatomlar ve kamçılı kabuklular gibi su canlılarının silisyum ve kalsiyum karbonattan ürettikleri muhteşem kabuklar, geniş bir tasarım çeşitliliği sergiliyor. Yakın geçmişe kadar, bu gibi yapıları etkin biçimde taklit etmek mümkün olamamıştı. Sonunda doğanın bazı mimari sırlarına erdiklerini düşünen kimi bilim adamları, devrim yaratacak bir dizi yeni malzeme üretimine girişti.

Bu araştırmacıardan Geoffrey Ozin ve arkadaşları, 1995'in sonlarında, ışnılların göz alıcı yüzey yapılarını aratmayan dokuda, yeni seramik malzemeler ürettiklerini duyurdular. Üstelik bu "telkâri" motifler, basit kimyasal yöntemlerle, deney kaplarında elde edilebiliyor.

Yeni malzeme üretim tekniğinin anahtarı, organik maddeleri, inorganik kristallerin üzerine motif baskısı yapmak için kalıp olarak kullanmak. İşe, kristal yüzeylerini moleküler ölçekte şekillendirme çabalarıyla başlayan araştırmacılar, aynı yöntemle doğada gözlenen nanometre ve mikrometre ölçekli yapıların da kopyalanabileceğini ortaya koymuşlar. Ürün ölçekleri ne olursa olsun, bu yeni malzemelerin uygulama alanları şimdiden hazır. Küçük boyut-

larda olanlar, belli tipte moleküllerin ayıklanması için, seçici elek olarak şimdiden kullanılmaya başlanmışken, daha büyük olanların, gelecekte optik bilgisayar bileşikleri gibi işlevler üstlenmeleri olası.

Sentetik motifli kristal üretimi çabaları, kiyagerlerin petrokimya endüstrisi için yeni katalizör arayışına giriştikleri 1960'lara dayanıyor. Zeolit adı verilen doğal minerallerin, ham petrolün hidrokarbon içeriğine müdahale için, yüksek seçicilikte katalizör olarak kullanılabileceği biliniyordu. Zeolitlerin içerdiği iyonlar, halkalı ve tünelli diziliş yapıları oluşturuyor. Bu, içi hayli asidik, hidrokarbonlu yapı, içeri giren molekülleri parçalayıp küçük moleküllere bölebildiği gibi, molekülün temel karbon zincirine bağlı yan dalların dizilişini de değiştirebiliyor. Koridorlar, ancak yeterince küçük olan moleküllerin geçişine elverdiğinden, zeolitler, dönüştürecekleri moleküller konusunda oldukça seçicidirler. Ancak, sınırlı sayıda doğal zeolit olduğundan, katalizörlüğünü üstlenebilecekleri tepkime yelpazesi daralıyor. Bu yelpazeyi genişletmeyi amaçlayan kimyagerler, yapay zeolitler üretmeyi hedefliyorlar. Çoğu yeni zeolit, basit bir tepkimeyle, alüminyum hidroksit ve silisyum içeren jölelerin ısı etkisiyle kristalleştirilerek üretiliyor. Ancak, bu deneme yanılma süreci, iş

zeolitlerin girintilerinin önceden belirlenmesine dayanınca, bu basit yöntem yetersiz kalıyor. Mobil Şirketi bünyesinde çalışan araştırmacılar 1963 yılında bu sorunun üstesinden gelebilmişler. Kullandıkları yöntem, organik iyonların kalıp olarak değerlendirilmesine dayanıyordu. İyonların karbon zincirlerinin uzunluğuyla oynandığında, elde edilen sentetik zeolitlerin girinti yapılarında, istenilen geometriye ulaşılabilirdi.

Zeolit kimyagerleri, yeni malzemenin, negatif yüklü iyonların, pozitif yüklü kalıpların çevresinde kümelenişine bağlı olarak oluştuğunu düşünüyorlar. Ancak, asıl mekanizma çok daha karmaşık olmalı. İşleminin yoğurt mayalamayla benzerliğinden, yani, girinti motiflerinin üretim sırasında malzeme yüzeyi üzerinde kendilerini tekrarlayıp yayılıyor olmalarından yola çıkılarak, oldukça ayrıntılı ve karmaşık bir sürecin varlığı öne sürülebilir. Araştırmacılar, kimyasal süreçlerin ayrıntıları bilinmiyor olsa da, 1960'larda zeolit yapılarının denetlenebilir üretimi için etkin bir yöntem bulmuşlardı artık.

Kalıplı üretim yöntemi, ikinci büyük adımını 1992 yılında, yine Mobil laboratuvarlarında çalışan araştırmacılar, daha büyük moleküller üretmenin yolunu bulunca attı. Bu yeni yöntem, çok farklı uygulama alanlarının önünü açıyordu.

Düzenli Yapılar

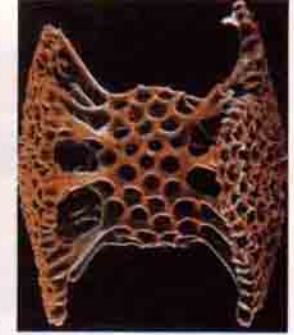
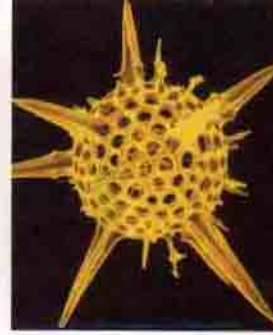
Mobil ekibi, eninde sonunda, düzenli girinti yapısına sahip malzemeler üretmeyi başardı. Şaşırdıkları şey, oyuklardaki büyümenin, kalıplardaki büyümeye göre çok daha büyük oranlarda seyretmesiydi. Elektron mikroskopuyla yapılan incelemeler, peteksi yapının, zeolitlerde rastlanılandan on kat büyük olduğunu gösteriyordu. Kümelenebilir silindirik oyukların, sıvı kristal yapıdaki bazı maddelerin düzenini çağrıştırdıkları, araştırmacıların dikkatini çekti. Köpük baloncukları şeklinde kümelenebilir sabun molekülleri, sıvı kristal yapıyı oldukça iyi örnekler. Bu moleküllerin, suda çözülen baş kısımları ve yağda çözülen kuyruk kısımları bir araya gelmeyi yeğlemediklerinden, bu türden yapısal tavrı sergilerler.

Mobil ekibinin kullandığı organik şablonlar da, içerdikleri, suda çözülen nitrojen atomları ve hidrokarbon uzantılarıyla, bu türden bir tavrı sergiliyorlar. Baloncuklar oluşturan sabun çözeltilerine benzer bir mekanizmanın sonucunda, bu maddeler, kuyrukları ortaya bakan silindirik biçiminde kümelenebiliyorlar. Araştırmacılar, oluşan peteksi yapının, bu süreçlere dayandığını öne sürüyorlar.

Kalıp malzemesi olarak, tek tek moleküller yerine, molekül yığınları kullanmak, elde edilen malzemelerin desenlerinin ölçeklerini moleküler düzlemden, nanometre düzlemine sırtatabiliyor. Temel kalıp maddelerinin yoğunlukları ve sıcaklıklarıyla oynandığında, farklı kristal yapıları elde edilebiliyor. Söz gelimi, peteksi yapı, katmanlı veya kübik yapıya, katmanların kanalları ve oyuntular ağı oluşturdukları bir yapıya dönüşebiliyor.

Doğalın Taklidi

Mobil ekibinin ürettiği sentetik maddeler, doğal örneklerine oldukça yakın. Bu da tepkimenin, doğal şablon tarafından belirleniyor oluşundan kaynaklanıyor. Kalsiyum karbonat gibi biyominerallerin hangi noktalar üzerinde gelişeceği ve gelişen minerallerin kristal yapılarının bileşimleri, organik şablonun yüzeyi tarafından belirleniyor. Söz gelimi,



düzlemsel proteinler ve polisakkaritlerden oluşan bir şablon, kalsiyum karbonatın, kayalar üzerinde sergilediği, kütleli, pırlanta kesimini andırır kristalleşme tavrını tekrarlamak yerine, düzlemsel, çıkıntısız biçimde kristalleşmesine yol açıyor. Mobil ürünü malzemeler, nanometre ölçeğinde sıradan doku yapıları gösterirken, sahip oldukları mikrometre ölçeğindeki büyük delikler ve oyuklar, ışınların iskeletsi yapılarını andırıyor. Yani ekip, şablonla modelleme tekniğini nanometreden mikrometre düzeyine kadar çıkarabilmiş.

Ekibin ürettiği 'sentetik' ışınlı kabukları, doğal zeolitlerin bileşiminde bulunan maddelerle aynı kristalleşme tavrına sahip bileşimler bulunuyor. Ekip, başarılarının anahtarı olan bir çok kimyasal teknik geliştirmiş. Söz gelimi, kimyasal süreçlerde çözücü olarak, su yerine, organik bir madde olan tetraetilen glikolü kullanmışlar. Mikrometre ölçeğinde modellemenin altında yatan ana etmen olarak bunu belirtiyorlar.

Bazı ürünlerde, oluşan özdeş boyutlu kraterleri arı peteği benzeri bir doku sergilediği görülüyor. Bu doku, baloncuklar gibi kümelenebilir çözücü kesecikleri tarafından bırakılmış olabilir. İçeride boş örneklerin bir kısmı da, içinden çıkan küçük yaratıkların bıraktıkları yumurta kabuğu kalıntılarına benziyor.

Tüm bu yapılar ve ışınlı iskeletleri arasında o kadar çarpıcı benzerlikler var ki, araştırmacılar, yeni sentetik malzemelerin, bizzat doğanın, bu türden mimari özellikleri hangi süreçler sonucunda ortaya çıkardığını açıklayacağını düşünüyorlar. Mobil ekibi dışında aynı türden araştırmalar yürüten, başka ekipler de var. Bunlardan bazıla-

rı, kabuklu kamçılı kabuklarının kusursuz taklitlerini üretmeyi başarmışlar. Sentetik kabuklar, doğal olanlarıyla yan yana konulduğunda farkı algılamak oldukça zor.

Bu gibi doğala özdeş malzemelerin pek çok potansiyel kullanım alanı var. Oyuk çapları duyarlı olarak belirlenmiş elekler, ince toz halindeki maddelerin, tane iriliğine göre ayrılmasında veya, bakteri ve virüs gibi organizmaların süzülmesinde kullanılabilir. Ayrıca, hızlı su geçişine izin verirken, etkin biçimde süzebilir su filtreleri yapılabilir. Büyük kütleler halinde üretilen malzemeler, ses ve ısı yalıtımı için kullanılabilir. Keza, malzemenin içerdikleri milyarlarca küçük gözeneğe hapsedilen hava, kusursuz bir yalıtım sağlayacaktır.

Öne sürülen devrim getirecek kullanım alanlarından biri de, yapay kemik üretimi. Doğal kemikler, üretilen sentetik malzemedekine oldukça yakın, süngersi görünümlü, sert bir yapıya sahip. Halihazırda, doğal mercan türleri bu amaçla kullanılabilir. Yeni malzeme, bu işlevi mercandan daha kusursuz biçimde yerine getirebilir. Eğer, kemikten alınan parçacıklar şablon olarak kullanılabilirse, üretilen sentetik kemiklerin dokusu, doğanın aratmayacak kusursuzlukta olabilecek.

Yeni malzeme kendisine şimdiden, elektriğin yanı sıra ışığı da sinyal olarak işleyebilen, optoelektronik teknolojisinde uygulama alanı bulmuş. Bu gibi ürünler, mikroskobik lazer teknolojisine de uyarlanabilirler. Günümüzde, aynı işlevi yerine getiren malzeme çeşitleri, zahmetli bir biçimde, havasız ortamda katman katman, elektron veya iyon demetleri ile oyularak üretiliyor.

Çalışmaları yürüten araştırmacılar, ışınların mimari sınırlarını tümüyle keşfettilerinde, bu canlıların ürettiği kusursuzlukta iskeletsi yapıların basit bir deney tüpünün içinde yaratılması, insanlığın doğayı taklit etme yolunda attığı yeni, dev bir adım olacak.

Ball, Philip.
New Scientist, 2 Aralık 1995.
Çeviri: Özgür Kurtuluş

