

# BİLİM DAMLALARI

Doç.Dr. Selçuk ALSAN

## AHUDUDU BİÇİMİ KARBON

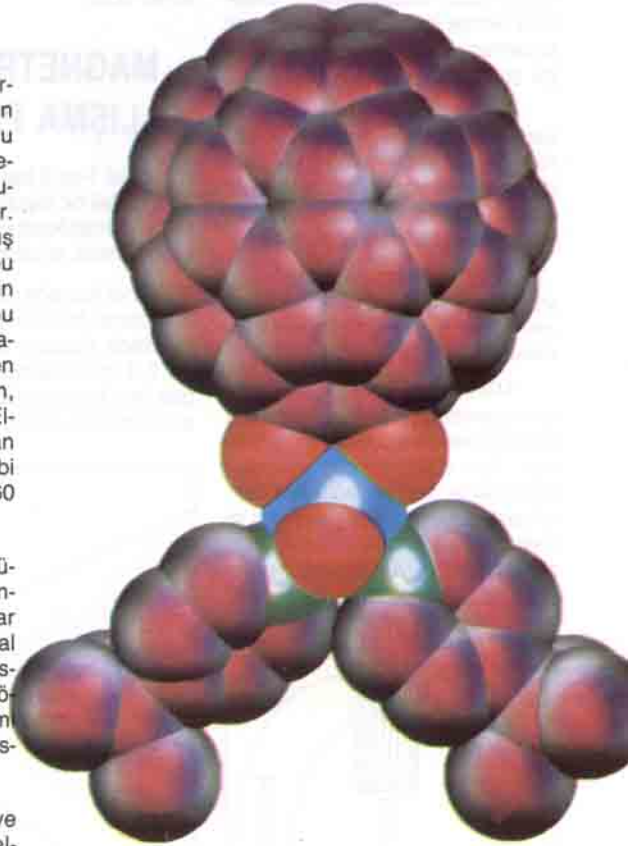
Bugüne kadar saf karbonun iki şekli biliniyordu: elmas ve grafit. Son zamanlarda karbon (C)'un üçüncü şekli bulundu: çileğe benzeyen 60 atomlu karbon. 1985'te İngiliz kimyacı Harold Kroto, Amerikalı Richard Smalley ile beraber C'u 8000 °C'ta buhar haline getirdi. Bu sırada 60 atomlu C'u keşfettiler. Bu C'nun diğer elementlerle bileşik oluşturacak dış elektronları yoktu. Molekül biçiminin bir futbol topu şeklinde olması gerekiyordu; altıgen ve beşgenlerin biraraya gelmesiyle oluşmuş bir kristal. Ancak bu araştırmacılar 60 karbonlu atom kristalini görmeyi başaramadılar. Geçen yıl, Heidelberg Üniversitesi'nden Kraschmer ve Arizona Üniversitesi'nden Huffman, grafiti helyum atmosferi içinde buharlaştırdılar. Elde edilen isı mikroskop altına koyduklarında hayran kaldılar; siyah bir zemin üzerinde gökteki yıldızlar gibi parlak ışıklı noktalar yanıp sönyordu. Gördükleri 60 atomlu C'du.

Bir element saf ve katı haldeyken atomlar düzenli bir geometrik şekil oluşturur; buna kristal denmektedir. 7 tip kristal sistemi vardır. Bunlar dikdörtgen prizmaları şeklinde gösterilebilir. Kural olarak elementler, bu 7 sistemden birine göre kristalleşir. Bazı cisimler 2 veya daha fazla sisteme göre kristal oluşturur; bu olaya kristal polimorfizmi denmektedir. Örneğin fosfor, kükürt ve demirde kristal polimorfizmi vardır.

Kristal biçimi değişen bir elemanın fiziksel ve kimyasal özellikleri de değişir. Örneğin, karbon elmas şeklindeki kübik (küp biçimi) kristaller yapar; elmas serttir, saydamdır ve elektriği iletmez. Karbon grafit şeklindeki altıgen (heksagonal) kristaller yapar; grafit yumuşak ve opaktır (ışığı geçirmez) ve elektriği iletir. Elmas içinde C atomları grafitte göre daha yakınlaşmıştır. Bunun sonucu grafitin özgül ağırlığı, 2,2 gr/cm<sup>3</sup> iken elmasın 3,5 gr/cm<sup>3</sup>'tür.

Atomlar sıkıştıkça, aralarındaki çekim gücü artar. Elmas bu nedenle grafitten daha serttir. Burada söz konusu olan elektrostatik çekimden kaynaklanan kovalens kuvvetleridir; atomların dış elektronları ortak kullanılmaktadır. Elmasa C atomları birbirinden eşit uzaklıkta olup, düzgün üçgen piramitlerin köşelerine yerleşmiştir. Üçgen piramit, merkezinde 1 ve köşelerinde 4 olmak üzere 5 atom taşır. Bu düzgün dörtyüzlülerin (tetraedr) birleşmesiyle 18 atomluk birimler oluşur. Grafik kristalindeyse 12 atom vardır; bir altıgen prizmanın köşelerinde 6+6 olarak.

60 atomlu karbon kristali daha karmaşıktır; kristal kesik 20 yüzlü (icosahedron) şeklindedir, 60 C atomu bu şeklin 60 köşesinde yer almıştır. İcosahedron (20 yüzlü) 20 adet eşkenar üçgenden yapılmıştır; bunlar beşer beşer aynı tepeyi paylaşır. Şimdi 20 köşeden 12'sini kesip nokta halinden yüz haline getirelim. Böylece yüz sayısı  $20 + 12 = 32$  olur. 20 eşkenar üçgen 20 altıgen ve 12 kesik köşe 12 beş-



### Saniyede 1 milyar dönüş

Ahududu karbon molekülü kendi etrafında saniyede 1 milyar defa dönmektedir. Bu çığırın topacı frenlemek üzere araştırmacılar ona iki osmium atomundan kulp taktılar; ancak bundan sonra gördüğünüz X ışınları klişeleri çekilebildi.

gen halini alır. 20 yüzünün 30 kenarı vardır. 12. köşenin yerine 12 beşgen geçtiğinden, kesik 20 yüzünde  $30 + (5 \times 12) = 90$  kenar vardır. Kesik 20 yüzünün köşe sayısını şu formülle buluruz:

Kenar sayısı + 2 = yüz sayısı + köşe sayısı.  
Buradan köşe sayısı = 60 bulunur.

Her köşede bir C atomu vardır. Atomlar arasında 60'ı uzun ve 30'u kısa olmak üzere 90 bağ bulunur. Bağlar grafit ve elmasa göre daha kısadır; 60 atomlu C'un kohezyonu elmas ve grafitden daha fazladır.

20 altıgen ve 12 beşgenden yapılmış bir desen futbol topunun aynısıdır; şu farkla ki kristalde düzlem olan yüzeyler topta küre yüzeyinin parçasıdır. Smalley'den beri 60 atomlu C molekülünün futbol topuna benzediği biliniyordu. İş bunu kanıtlamaya kalmıştı; fakat kristal yapısını ortaya koyan X ışınli difraksiyon metodu beklenen sonucu vermedi.

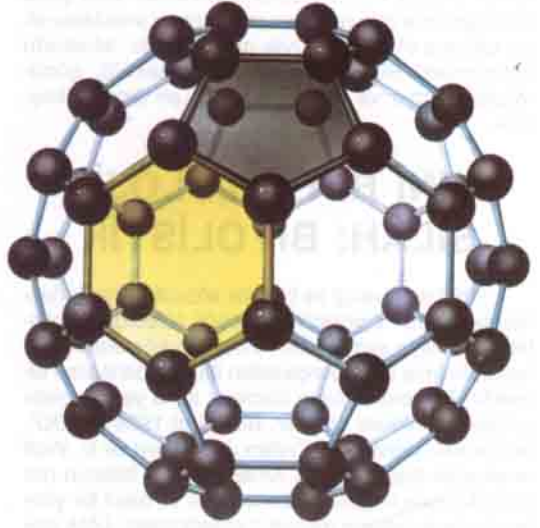
Ayrıca bir diğer engelle karşılaştı: İzole edilen 60 atomlu C molekülü kendi etrafında çılgın bir hızla (saniyede 1 milyar dönüş) dönüyordu. Zaman zaman duruyorsa da, resim çekecek kadar uzun bir zaman durmuyordu. O zaman Berkeley araştırmacıları bu dönen topu atom gücüyle durdurmağa karar verdiler. En yoğun metallere asmiyum (dansitesi 22,5) ile karıştırılan 60 atomlu C yavaşladı ve bir kristal yapısı oluşturdu. Bu kristalin, X ışınları difraksiyonu ve bilgisayar yardımıyla resmi çekildiğinde tipatip futbol topuna benzediği görüldü.

Aslında futbol topu bu kristale benziyordu demek daha doğru olur; çünkü 60 atomlu C, dünyanın



#### **Bir futbol topunun sağlamlığı**

Dünyanın her yanında bir futbol topu 12 düzgün beşgen ve 20 düzgün altıgen deri parçası dikilerek hazırlanır. Bu şekil en çılgın şutlara dayanabilir. Burada 12 köşesi kesilmiş bir 20 yüzü (icosohedron) söz konusudur.



60 atomlu ahududu karbon molekülü ve 12 beşgen ve 20 altıgenden yapılmıştır. 60 köşenin her birine bir C atomu yerleşmiştir. Bu tip karbonun sertliği ve sağlamlığı elmas dahil bütün diğer C moleküllerinden fazladır.

varoluşundan beri vardı; evrenin en eski moleküllerinden biri olan 60 atomlu C, ışık etkisiyle parçalanmayacak kadar sağlam olduğundan uzun yaşamıştır.

Molekülün yapısı belirlendikten sonra, dünyanın bütün laboratuvarlarında sentezi yapıldı. Bunun için grafit, elektrik kaynağı ile helyum içinde buharlaştırılır, sonra elde edilen isten uygun bir çözücü ile C ayrılır. Bugün için fiyatı 6500 frank/gram'dır. Fakat fabrikalarda üretilen fiyat kilo başına 20-30 frank'a düşecektir.

Yeni C molekülünün uygulamaları çok çeşitli olacaktır; çünkü kimyasal reaksiyonlara büyük bir direnç göstermektedir ve olağanüstü serttir. Ne yazık ki, molekül sicağa dayanıksızdır; sıcakta oksitlenir ve parçalanır. Böyle olmasaydı grafitden kuru yağlama yapan bir madde elde edilmiş olacaktı. Burada C balonları bilyeli yataklardaki bilye rolünü oynayacaktı. Bu moleküller ancak mikron büyüklüğündeki entegre devrelerde bilye rolü oynayacaktı. Bu sayede pire kadar robotlar yapılabilecektir. Grafit ve elmasın aksine, ahududu biçimi C molekülü solventlerde çözünür. Böylece kimyada yeni bileşikler elde edilecek, daha sağlam plastikler yapılacaktır.

60 atomlu C'un ortası bir kafes gibi boştur; buraya radyoaktif izotoplar konulup elde edilen hibrid moleküller kanser tedavisinde kullanılabilir. Ayrıca 60 atomlu C'dan elektronlar koparılarak pozitif C iyonları elde edilebilmektedir; bununla yeni tip piller yapılacaktır.

Ayrıca 60 atomlu karbon silisyum gibi yarı iletkenler ve entegre devrelerin ve mikro işlemcilerin yapımında kullanılabilir. Son olarak belirte-

lim ki, bu çok hızlı topaçların eksenleri aynı yöne çevrilebilirse dünyanın en mükemmel jiroskobu elde edilmiş olacaktır. Öyle görülüyor ki, ahududu biçimindeki 60 atomlu karbon molekülü, günümüzde kimya ve kristalografinin en önemli keşfidir.

## YENİ BİR BİYOLOJİK SİLÂH: BİYOLİSTİK

1987'de biyoloji ve balistik sözcüklerinin birleştirilmesinden "biyolistik" sözcüğü türetilmiştir. Biyolistik yönteminin esası, bitki ve hayvan hücrelerini çok hızlandırılmış DNA parçacıkları ile bombardıman etmektir. Bu şekilde canlı hücreler içine yeni genetik şifreler sokulması olasıdır. Bu icaret 1984'te ABD'de Cornell Üniversitesi'nden J. Sanford ve E. Wolf tarafından başarılmıştır. Amaç, her tür bitkinin her tür dokusuna uygulanabilecek hızlı ve basit bir yöntem bularak bitkileri mükemmelleştirmektir. DNA molekülü eğilip bükülen ve kolay parçalanan cinsten olduğundan, DNA'yı kalsiyum klorür ve spermidin aracılığıyla 4 mikron çapındaki tungsten kürelere yapıştırmak gerekir.

İlk deney 1984'te aynı Üniversite'de yapıldı. Soğan epidermisinin iri hücreleri, DNA taşıyan tungsten mikro parçacıklarıyla bombalandı. 100 mikrogram tungsten hücre içi 0,1 mikrogram DNA verebilmektedir. Parçacıklar sıkıştırılmış hava püskürtülerek büyük bir hızla bitki dokularına girer. DNA'nın hücrelere geçerken girip girmediği, hücrelerin mikroskopik muayenesiyle anlaşılır. Parçacık hücre içine sokulduktan sonra DNA kendiliğinden tungstenen ayrılır.

İlk anlaşılan, böyle bir bombardımanın hücreleri öldürmediği olmuştur. 11 parçacıktan az içeren hücrelerin %95'i sağlamdı. Buna rağmen tungsten'in hücreler için hafif toksit olduğu anlaşılmıştır, gelecekte altın tercih edilecektir.

Bazı araştırmacılar hücre içine sokulan DNA'nın biyolojik aktivitesini kaybettiğini ileri sürünce Sanford ve Wolf, bütün mozaik virüsünü tungsten mikropartiküllerine yapıştırarak soğan epidermis hücreleri içine bombaladılar. Bombardımandan üç gün sonra hücrelerde virüs partikülleri görüldü; demek ki, deney başarıya ulaşmıştı.

**Parçacık topu:** Aradan 3 yıl geçtikten sonra gerçek bir "partikül topu" yapıldı. Böyle bir toptan beklenen 2 şey vardı: kullanımı kolay olmalıydı ve hücreleri zedelemeyecek bir hızla partikülleri hücre içine sokabilmeliydi. 1987'den beri birçok partikül topu yapılmış bulunuyor. Bunlar başlıca 2 tiptir: 1) Barut kartuşu veya sıkıştırılmış gaz (hava, azot ve helyum) kullananlar. 2) Partikülleri elektrik alanla hızlandıranlar. Bu toplar partiküllerin 3-6 tabaka hücreyi delip geçmesini sağlamaktadır.

Bu yöntemin yararları çoktur. Bu toplarla genetik materyal, bitki hücrelerinin kloroplast ve mito-

kondri gibi organellerine sokulabilir. Bilindiği gibi kloroplast ve mitokondrilerde genler bulunmaktadır.

1988'de ABD'de Duke Üniversitesi'nden S. Johnston, bir gen kaybı nedeniyle solunum yapamayan bira mayalarının mitokondrilerini döndürdü. Yine ABD'de Piscataway Üniversitesi'nde, bütün kloroplastları içine bu yolla 2 gen nakledildi. Bombardıman edilen hücrelerin ortalama ancak binde biri ile %2'si arası geni kabul etmektedir.

Biyolistik, mikrobiyologların da ilgisini çekti; tek hücreli yosunlarda (*Chlamydomonas* gibi) ve tek hücreli mantarlarda (bira mayası, *Neurospora crassa*, *S. pombe* vb.) bu yöntemle birçok mutasyon gerçekleştirildi.

Biyolistik, hayvanlarda ilk defa Moskova'da Engelhardt Moleküler Biyoloji Enstitüsü'nde ve daha sonra G. Karolina'da S. Johnston tarafından gerçekleştirildi. Tavuk, fare, insan vb. doku kültürlerine bu yolla DNA sokulabilir. Bu yöntem mikroenjeksiyona göre 20-100 kere daha etkilidir. Hayvanın kendine de biyolistik uygulanabilir. Örneğin, luciferase bu yöntemle farelerin deri, karaciğer, dalak ve bağırsak hücrelerine verildi.

Bereket ki, biyolojik savaş yasak: Bir gün partikül toplarının portatifleri çıkınca "mikrop atan tabanca" yapılmış olacaktır. Derinize haberiniz bile olmadan (örneğin siz derin uykuda iken) mikrop topu ile AIDS virüsleri fıskırtıldığını düşünün!

Tabii tıpta da bir gün eksik olan bir gen bu yolla hücreye verilebilecektir.

## KARGALAR SÜT İÇER Mİ?

İngiltere'de *Campylobacter jejuni* adlı bakterinin neden olduğu bir diyare salgınında, doktorların incelemeleri akla hiç gelmeyecek bir bulaşma şekli ortaya koydu (Lancet 336: 1452, 1990). Bu bakteri, kümes hayvanları, koyun, kedi, köpek ve kuşlarda hastalık yapmakta ve insanlara sütle geçebilmektedir. Birçok batı ülkesinde olduğu gibi İngiltere'de de süt kutuları sabah erkenden evlerin kapılarına bırakılır. O saatlerde etrafta pek kimseler yoktur; kargalarla saksaganlar grup halinde ağaçlardan inip süt kutularına hücum ederler ve gagalarıyla onları delerler. Bu kuşlardaki *Campylobacter jejuni* enfeksiyonu bu yolla insanlara geçmektedir.

**Kuşlar gibi uçmayı, balıklar gibi yüzmeyi öğrendik. Ancak bu arada çok basit bir sanatı unuttuk: Kardeşçe yaşamayı!..**

Martin Luther KING