

# SUYUN GİZEMLİ DÜNYASINDA Yeni Keşifler

Hayriye Yetiş [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

**Canlıların yaşamı için en temel ihtiyacı olan su, hâlâ keşfedilmeyi bekleyen gizemler barındırıyor. Suyun karmaşık ve sürprizlerle dolu yapısını henüz tam olarak anlamış değiliz. Bu alanda devam etmekte olan araştırmaların ortaya çıkardığı bilgiler, canlılar için hayli heyecan verici birtakım somut sonuçları da beraberinde getiriyor.**

Kuantum kimyasının en zorlu ve karmaşık araştırma konularından biri olan su, birçok özelliği ile genel kabul gören madde davranışlarına “istisna” durumunda. Örneğin, çevremizdeki birçok maddenin hacmi, sıcaklık azaldıkça azalırken suyun hacmi ise 4°C’den itibaren sıcaklık düştükçe artar. Hacimde soğumayla beraber yaşanan bu artış, donma sırasında da devam eder. Bu sayede yoğunluğu azalarak oluşan buz kütlesi yüzeyde yer alır ve su ekosistemindeki canlılar yaşamlarını devam ettirebilir. Ya da suyu oluşturan atomlar, diğer birçok maddenin tersine hiçbir zaman tam olarak tek bir moleküle ait olamaz. Hidrojen atomları kendiliğinden komşu bir su molekülünün oksijeni ile etkileşime girebilir.

Sıvı sudan buz oluşumu kavram olarak basit olsa da fiziksel olarak hayli karmaşık bir süreç. Örneğin, suyun donma sıcaklığı genellikle 0°C kabul edilmesine rağmen dondurucuda

-10°C’ye kadar soğutulan saf su neden hâlâ sıvı hâlde bulunabiliyor? Bu sorunun cevabı suyun moleküler düzeyde kristalleşme sürecinin anlaşılmasında saklı. Sıvı su molekülleri birbirinin yanından kolayca geçer ve sürekli hareket halindedir. Sıcaklık düştükçe yavaşlayan moleküllerin, sıcaklık 0°C’nin altına düştüğünde tamamının kendiliğinden buz oluşturacak şekilde doğru düzende hizalanması pek olası değildir. Bu yüzden suyun buz hâlinde ayrı ayrı su molekülleri aynı yöne bakacak şekilde hizalanır ve küçük molekül gurupları hâlinde kafes gibi kilitlenir. Buz çekirdeklenmesi adı verilen bu süreç, sıvı su moleküllerinin buzun kristal yapısını tamamlayacak şekilde düzenlenerek küçük kümeler hâlinde toplanmaya başladığı bir süreçtir. Eğer oluşan bu çekirdek yeteri kadar büyük olursa sıvıdaki diğer su molekülleri de bu düzene katılır ve büyümeye devam ederek buz kristalini oluşturur.



Tamamen saf su, çekirdeklenme bölgesi olmadan buz hâline gelme eğilimindedir ve saf suyun donması için sıcaklığın  $-30^{\circ}\text{C}$ 'lerin altına düşmesi gerekebilir. Ancak pratikte tamamen saf su nadir bulunur. Sudaki herhangi bir yabancı madde ise çekirdeklenmenin başlamasına sebep olarak yüzeylerde buz kristallerinin oluşmasını kolaylaştırır ve sıvı suyun donma sürecine yardımcı olur.

Farklı türdeki yabancı maddelerin şekil ve yapılarının suyun donma noktasını nasıl etkilediğine dair çalışmalar yıllardır devam ediyor. Örneğin, bir süre önce bakterilerde buz çekirdeklenmesini sağlayan proteinler ile ilgili yapılan bir çalışma, protein grupları arasındaki mesafelerin buzun oluşmaya başladığı sıcaklığı etkileyebileceğini sonucunu ortaya çıkarmıştı. Benzer etkileri deneysel olarak farklı yabancı madde türlerinde de gözlemleyen araştırmacılar, deney sonuçlarını matematiksel bir modele entegre etme üzerinde çalışmaya başladılar. Bir yüzeydeki yabancı maddelerin sebep olduğu mikroskobik tümsekler arasındaki açların, suyun donma noktasını nasıl etkilediğine dair önceden elde edilen veriler bir araya getirildi. Teorik modelleri elde edilen verilere karşı test eden araştırmacıların geliştirdiği matematiksel model, hangi tür açların su moleküllerinin daha yüksek sıcaklıklarda çekirdeklenmesini sağlayıp moleküllerin kristalleşmesini kolaylaştırdığını ifade ediyordu.

Geliştirilen bu modeller, minimum enerjiyle buz oluşumunu sağlayacak yüzeylere sahip malzemelerin tasarlanmasına yardımcı olabilir. Özellikle atmosferdeki küçük mineral parçacıklarının buz çekirdeklenmesi yoluyla bulutların oluşumuna nasıl olanak tanıdığını anlamaya yardımcı olabilecek bu modeller, yağış miktarını artırmak amacıyla izlenen bulut tohumlama uygulaması için daha elverişli yöntemler elde etmede kolaylık sağlayabilir.

Bakterilerde 200'den fazla proteinin buz çekirdeği oluşturduğuna inanılıyor. Ancak bu proteinlerin tamamının türü henüz tam olarak bilinmiyor. Geliştirilen modellerin, bu proteinlerle ilgili çalışmaları daha ileriye taşınması hedefleniyor. Yapay zekâ araçlarıyla proteinleri derinlemesine incelemeyi uman araştırmacılar, bu proteinlerin buz oluşumunu nasıl etkilediğini araştırma çalışmalarına devam ediyorlar. ■



showcake / iStock

#### Kaynaklar

<https://www.acs.org/pressroom/presspacs/2024/march/new-model-clarifies-why-water-freezes-at-a-range-of-temperatures.html>  
<https://www.ch.cam.ac.uk/group/michaelides/research-highlights/ice-nucleation>