

# SÜPERGÖZENEKLİ JELLER

Suyla etkileşimlerinde çözünmeyen, ancak çok miktarda suyu yapısına alarak şişebilen, üç-boyutlu yapıdaki polimerler "hidrojel" olarak adlandırılıyor. Hidrojelin çözünmemesi, yapısındaki kimyasal ya da fiziksel çapraz-bağların sonucu. Yapısına çok miktarda su almasıyla, suyu seven (hidrofilik) karakteri ve ağ şeklindeki yapısından kaynaklanıyor. Doğal ve yapay olarak çok sayıda hidrojel mevcut. Bunlar arasında gıda maddesi olarak kullanılan jöle; katı kısmı hayvansal bir protein olan jelatinden, geri kalanıysa sudan oluşan bir tatlı. Jölenin %3'ü katı, %97'siyse su. Göz boşluğumuzu dolduran sıvı, kan damarlarının duvarları, iskeletteki eklemlere hareket olanağı sağlayan akışkan da jel yapısında. Mide ve bağırsakların yüzeyi de benzeri jellerle kaplı. Midedeki epitel hücreleri, son derece asidik olan mide öz suyundan, mukopolisakkarit jeller olarak bilinen bu yapılar sayesinde korunuyor. Yumuşaklıkları, elastik oluşları ve çok miktarda suyu emerek yapılarında tutabilmelerinden dolayı hidrojeller, tıbbi uygulamalar ve biyoteknolojik uygulamalar açısından çok önemli malzemeler.

Modern hidrojel araştırmaları 1960 yılında Lim ve Wichterle tarafından poli (hidroksietilmetakrilat)'ın senteziyle başladı. Su, bir hidrojinin toplam ağırlığının en az %10'unu oluşturmakta ve su içeriği toplam ağırlığın %95'ini aştığı zaman, hidrojel "süperabsorbent" olarak adlandırılmakta. Hidrojellerin benzersiz özelliklerinden biri de, şişme boyunca ve şişmeden sonra orijinal biçimlerini koruyabilme yetenekleri. Orijinal biçim korunurken, şişme sadece hidrojinin orijinal boyutunu değiştiriyor. Süperabsorbent malzemeler ilk olarak ABD'de suyu alıkoyucu ajan olarak tarımda kullanılmış. Daha sonra 1970'lerin ortasında kişisel bakım ve hijyen ürünü olarak Japonlar tarafından geliştirilmişler. Süperabsorbent hidrojeller, toprak koşullarında su içinde bitki yetiştirmek için yapay toprak olarak, tarım kimyasında ve eczacılıkta kontrollü salım ajanı olarak, kayak alanları için yapay kar olarak ve daha birçok uygulamada kullanılmakta. Bir süperabsorbentten beklenen özellikler; yüksek şişme kapasitesi ve şişen jelin mekanik dayanımının iyi olmasıdır.

Hidrojeller kuru haldeyken genelde şeffaftırlar ve su içinde şişmeleri uzun zaman alır. Yavaş şişme,

yoğun polimer zincirlerinin içerisine suyun yavaş bir biçimde difüzyonundan kaynaklanır. Yavaş şişme özelliğine sahip hidrojeller kontrollü ilaç salımı için avantajlıyken, bazı uygulamalarda kuru hidrojellerin çok hızlı biçimde şişmeleri istenir. Bu tür uygulamalarda şişme, saatler yerine dakikalar içerisinde gerçekleşmelidir. Hidrojellerin mikron boyutunda çok küçük parçacıklar olarak hazırlanmasıyla, difüzyon yolu çok kısalmış ve şişme dakikalar içerisinde tamamlanır. Bu tür çok sayıda hidrojel, bebek bezi yapımında kullanılmış bulunuyor. Boyutlarına ve biçimine rağmen, çok kısa sürede şişen geniş kuru hidrojeller yapmak içinse, hidrojel hazırlanmasında yeni yaklaşımlardan yararlanmak gerekiyor.

Bir süperabsorbent türü olan "süpergözenekli hidrojeller" yakın zamanda Park tarafından kontrollü ilaç salımında kullanılmak üzere geliştirildi. Camsı haldeki kuru hidrojinin içerisine suyun emilimini hızlandırmak için en iyi yol; hidrojel yapısı boyunca birbirine bağlanmış, difüzyonu sağlayacak olan gözenekler oluşturmak. Birbirine bağlanmış gözenekler, kapiler güç ile suyun hızlı emilimine izin verecektir. Gözenekli hidrojel yapmanın en basit yolu, vinil monomerlerinin çapraz bağlanma reaksiyonu sırasında gaz baloncukları oluşturmak. Öncelikle monomer, başlatıcı ve çapraz bağlayıcı bir deney tüpüne ekleniyor (A). Monomer karışımı asidik olduğundan, polimerizasyon süreci çok yavaş. Karbondioksit baloncukları meydana getirmek için, monomer karışımına sodyum bikarbonat ekleniyor. Gaz baloncuklarının meydana gelmesiyle, köpükler yükselmeye başlıyor (B). Sodyum bikarbonat eklenmesiyle, pH artırılmış, bunun sonucu



Kuru hidrojel ve suda şişmiş hidrojel

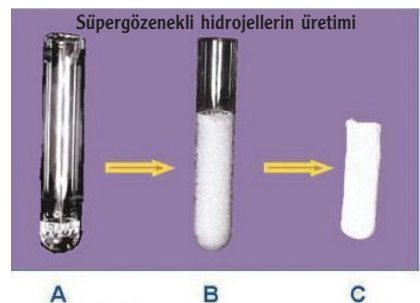
olarak da, vinil monomerleri hızla polimerleşmeye başlamış. Köpükler hidrojel içinde biçimlenerek kararlı hale geçtiğinde, polimerizasyon tamamlanmış demektir (C).

Süpergözenekli hidrojelde gözeneklerin boyutu, gaz baloncuklarını köpükleştirme yöntemiyle 100 mikrometreye veya daha yükseğe çıkarılabilmekte. Makrogözenekli hidrojellerin gözenek çaplarının 10 nanometre ile 10 mikrometre aralığında olduğu düşünülürse, bu yeni boyuttaki gözeneklere sahip hidrojellere "süpergözenekli hidrojel" adı vermek uygun olacak.

Küçük bir parça süpergözenekli hidrojel, suyla temas ettiğinde açık kanallara doğru suyun tüm alana dolaşarak emildiği görülmüş durumda. Bu yöntemle, çok geniş boyutta çok hızlı şişen, kuru süpergözenekli hidrojel yapmak mümkün olabilirdi. Kuru haldeki süpergözenekli bir hidrojel, 30 saniyeden daha az sürede şişiyor. Süpergözenekli hidrojeller, boyutlarına rağmen, bir dakika içerisinde şişerler.

Hidrojellerin kullanımı sırasında karşılaşılan en büyük sorun, şişme sonrasında yapının mekanik dayanımını büyük ölçüde kaybetmesi. Kısa süre önce, elastik özelliklere sahip süpergözenekli hidrojeller hazırlandı. Şişen hidrojel, kopmadan neredeyse iki katına kadar uzayabilir. Bundan önce sentezlenen hidrojellerin hiçbirisi, böyle bir özellik göstermiş değil. Elastik süpergözenekli hidrojel yapmanın yolu, hidrojelleri iç içe geçmiş ağ yapı formunda sentezlemek (IPN yapılar).

Süpergözenekli hidrojellerin, yakın zamanda sentezlenmelerine rağmen, hızlı şişme yeteneklerinden dolayı, değişik uygulamaları bulunuyor.

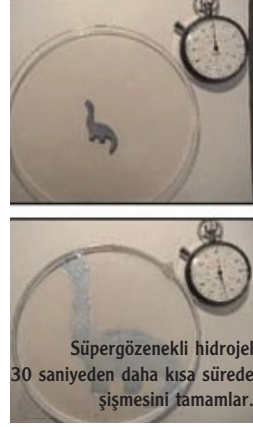
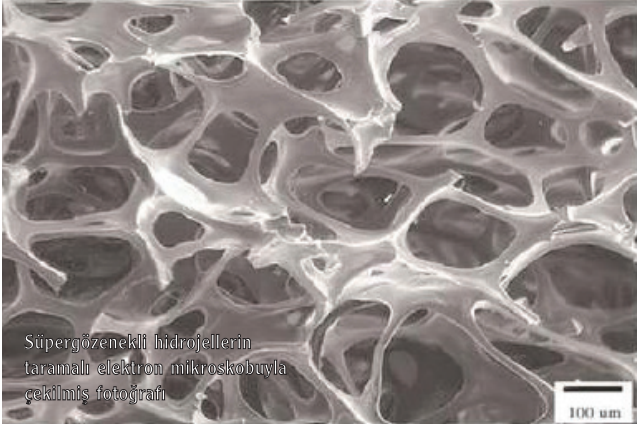


Süpergözenekli hidrojellerin üretimi

A

B

C



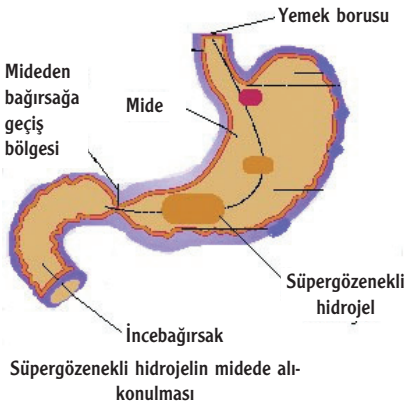
## Midede Alıkonan Cihazların Geliştirilmesi

Bu uygulamayla amaçlanan, ağızdan alınan ilaç yüklü hidrojin hızlı bir biçimde şişerek yeterli büyüklüğe ulaşması ve midenin oniki parmak barsağına açılan kısmından geçemeyerek, ilaç salımının uzun süre içinde gerçekleşmesini sağlanması. Hızlı şişmenin başlangıçtaki amacı, 20 dakika içerisinde maksimum şişmeye ulaşmak. Çünkü, su mide içerisinde 30 dakika boyunca kalabiliyor. Polivinilpirrolidon (PVP) süpergözenekli hidrojel kullanılarak yapılan hayvan deneylerinde, hidrojin mide içinde 24 saatten fazla kalabildiği ve etkin ilaç salımının sağlandığı görülmüş durumda.

## Oral Peptid Salım Sistemlerinin Geliştirilmesi

Süpergözenekli hidrojel, çeşitli peptid ve protein ilaçların ağız yoluyla alındığı salım sistemlerinin geliştirilmesinde de kullanılabilir. Yakın zamana kadar, peptid ilaçları en çok sindirim kanalı dışında, damar, kas, deri altı enjeksiyonu gibi herhangi bir yola la vücuda veriliyor ve süpergözenekli hidrojel uygulamalarına dek, ağız yoluyla uygulanmıyordu.

Prof. Hans E. Junginger, süpergözenekli hidrojel-leri kullanarak ağız yoluyla peptid salım sistemleri geliştirmeye çalıştı. Kendi yaklaşımıyla, süpergözenekli hidrojel ve onların kompozitlerini kullanarak, salım sistemlerinin hacimlerini 200 kat kadar artırdı. Böyle bir hacim artışı, jelin bağırsak duvarına yapışmasına izin verdi ve ilacın doğrudan bağırsak çeperine salınması sağlandı. Peptid ilaçları salınıp, bağırsak çeperi tarafından emildikten sonra, süpergözenekli hidrojel, fazladan su alarak bağırsak hareketleriyle kırılır ve kolayca uzaklaştırılır.



## Katkı Besin Maddesi Olarak Kullanım

Kilo kontrolü sağlamada, süpergözenekli hidrojel kullanılarak, karın boşluğunda anlamlı bir alan kaplanır ve böylece diğer besinler için yer azaltılmış olur. Bu şekilde iştah bastırılmış olur.

## Anevrizma Tedavisindeki Uygulama

Damarın belli bir bölgesinin genişlemesinden oluşan şişlik olarak tanımlanan "anevrizma" tedavisi için geliştirilen, yeni biyomedikal cihazlarda da süpergözenekli hidrojel kullanılıyor. Özel bir görüntüleme yöntemiyle, anevrizmanın şekli ve büyüklüğü saptandıktan sonra, daha ufak boyutlarda, fakat aynı şekilde süpergözenekli hidrojel yapılabılır. Anevrizmanın olduğu bölgeye süpergözenekli hidrojel yerleştirildiği zaman, hızlı bir şişme meydana gelerek o bölgeyi doldurur ve kanın pıhtılaşmasını sağlar.

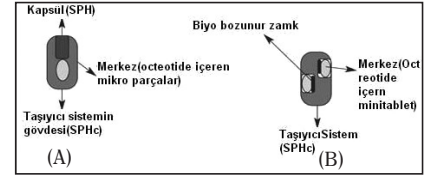
Seyrek de olsa, süpergözenekli hidrojel parçacıkları, kanın tümörlere doğru akışını engellemek için dolaşımı bloke edici ajan olarak da kullanılabilir.

## Diğer Uygulamalar

Süpergözenekli hidrojel ilaç ve biyomedikal ürünler dışında farklı uygulama alanlarında da kullanılmış durumdadır. Süpergözenekli hidrojin değişik şekillerde hazırlanabilmesi ve hızlı şişme özelliğinden dolayı çocuklar için ilgi çekici bir oyuncak olabileceği düşünülmüş. Bir süpergözenekli hidrojel, kuru ağırlığının birkaç katı kadar suyu emme özelliğine sahip. Bu özelliği kullanarak, çevrede istenmeyen sıvıların herhangi bir yere rastlantısal olarak dökülmesine engel olunabilir. Sıvı çözeltiler parçacık formunda veya uygun biçim ve boyutta hazırlanabilen süpergözenekli hidrojel tarafından çevrelenerek muhafaza



Kuru süpergözenekli hidrojel (sağda) şişmiş süpergözenekli hidrojel (solda)



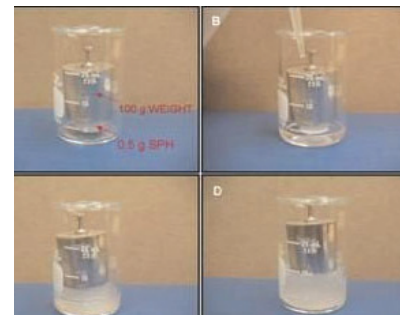
Süpergözenekli hidrojel (SPH) ve SPH kompozit (SPHc) esaslı oral yolla alınan octeotide salım sisteminin şematik gösterimi.

edilebilirler. Süpergözenekli hidrojel neme duyarlı malzemelerin içerisine su girişine engel olmak için de kullanılmakta. Bu tür malzemeler süpergözenekli hidrojel-lerle kaplanır ve böylece herhangi bir neme maruz kaldığında su, hidrojel tabakası tarafından tutulur.

Hızlı ve yüksek derecede şişme özellikleri, süpergözenekli hidrojel-lere çok önemli bir yetenek kazandırıyor. Suyu emerek şiştiklerinde, şişme boyunca dış tarafa doğru anlamlı bir kuvvet uygulamaktadırlar. Bir süpergözenekli hidrojel (0,5 gram ağırlığında) şiştiği zaman 100 gram ağırlığındaki bir maddeyi bir dakika gibi kısa bir sürede yukarı kaldırabilir. Bu özellik, süpergözenekli hidrojel için oldukça etkili ve birçok uygulamada kullanılabilir. Sözgelimi, hidrojin uyguladığı bu kuvvet, bir alarm sisteminin tetikleyicisi olarak kullanılarak su baskınlarının tespitinde kullanılabilir.

Prof. Dr. Menemşe Gümüşderelioğlu  
Tuğrul Tolga Demirtaş  
Hacettepe Üniversitesi, Kimya Mühendisliği ve  
Biyomühendislik Bölümü

Kaynaklar  
Chen J, Park H, Park K. Synthesis of a superporous hydrogels: hydrogels with fast swelling and superabsorbent properties. J. Biomed Mater Res. 1999;44:53-62.  
J Chen, W E Blevins, H Park and K Park, "Gastric Retention Properties of Superporous Hydrogel Composites", Journal of Controlled Release, 64 (1-3) (2000), pp. 39-51.  
<http://www.drugdeliverytech.com/cgi-bin/article>  
4. <http://www.akinoinc.com/aquagel.htm>



Şekil 8 Süpergözenekli, hidrojel (0,5 gr) şiştiğinde 100 gr ağırlığı kaldırabilir.