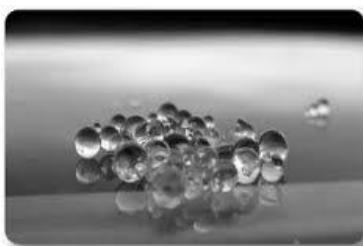


## هیدروژل

هیدروژل ها شبکه‌های سه بعدی آبدوست و دارای اتصالات عرضی هستند که در تماس با آب متورم می‌شوند اما حل نمی‌گردند. این ترکیبات می‌توانند اشکال فیزیکی مختلفی شامل ورقه، میکروذره، نانوذره، ساختار پوششی و فیلم داشته باشند. به دلیل همین تنوع ساختار، هیدروژل‌ها به طور متداول در زمینه‌های گوناگون پژوهشی نظیر زیست‌حسگرها، مهندسی بافت، جداسازی مولکول‌های زیستی یا سلول‌ها و تنظیم چسبندگی زیستی مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند. موادی که دارای ساختار هیدروژل نانوذره‌ای هستند ویژگی‌هایی را که هیدروژل‌ها و نانوذرات هر یک به طور جداگانه دارا می‌باشند، به طور همزمان نشان می‌دهند. نانوذرات هیدروژل کاربردهای گسترده‌ای دارند که یکی از مهم‌ترین آنها هدف‌درمانی سلولی است. این ساختارها همچنین برای آزادسازی کنترل شده‌ی پروتئین‌هایی مانند لیزوزیم، آلبومین و ایمونوگلوبولین نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند.



هیدروژل‌ها شبکه‌های بسیاری با پیکربندی سه‌بعدی هستند که قادر به جذب مقدار زیادی آب یا مایعات زیستی می‌باشند. تمایل این ترکیبات به جذب آب به دلیل حضور گروه‌های آبدوست نظیر  $-OH$ ،  $-CONH-$ ،  $-ONH_2$  و  $-SO_3H$  در بسپارهایی است که ساختار هیدروژل را تشکیل می‌دهند. بسته به ماهیت محیط آبی و ساختار بسپار، ژل با نسبت‌های مختلفی آبدار می‌شود که گاه این میزان به بیش از نود درصد وزنی بسپار می‌رسد. محتوای آبی هیدروژل‌ها نقش مهمی در تعیین ویژگی‌های کلی شبکه‌ی بسپاری ایفا می‌کند. بر این اساس در مقایسه با شبکه‌های بسپاری آبگریز، هیدروژل‌های آبدوست خصوصیات متمایزی از خود نشان می‌دهند. همچنین شرایط تهیه‌ی هیدروژل‌ها نیز به طور قابل ملاحظه‌ای ملایم‌تر است و علاوه بر تشکیل ژل در دمای محیط، به ندرت از حلال‌های آلی در فرآیند تولید آنها استفاده می‌شود. هیدروژل‌ها به ویژه انواعی که در دارورسانی و اهداف پزشکی زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید زیست‌سازگاری و زیست تخریب‌پذیری قابل قبولی داشته باشند.

ساختار شبکه هیدروژل‌ها می‌تواند ماکرومتخلخل (macroporous)، میکرومتخلخل (microporous) یا غیر متخلخل

(nonporous) باشد. هیدروژل‌های ماکرومتخلخل منافذ بزرگی در ابعاد  $10^1$  تا  $10^3$  میکرومتر دارند. این هیدروژل‌ها داروی به دام

افتاده درون خلل و فرج خود را از طریق مکانیسمی که بستگی به ضریب پخش دارو دارد آزاد می‌کنند. هیدروژل‌های میکرومتخلخل

منافذ کوچکی در محدوده‌ی ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر دارند و داروی داخل آنها از طریق فرآیندهای انتشار و جریان همرفت مولکولی آزاد می‌شود. هیدروژل‌های غیر متخلخل ساختارهای غربال‌مانند در ابعاد درشت‌مولکول محسوب می‌شوند که منافذ آنها ۱ تا ۱۰ نانومتر است و از طریق ایجاد اتصالات عرضی در زنجیره‌های تکپار (monomer) تشکیل می‌گردند. در این ساختارها آزادسازی دارو فقط از طریق مکانیسم انتشار صورت می‌گیرد

به طور کلی هیدروژل از نظر ساختار فیزیکی بی‌شکل (amorphous)، شبه بلوری، دارای پیوند هیدروژنی، ابرمولکول و هیدروکلوئیدی و پاسخ‌دهی به محرک‌های محیطی، pH، قدرت یونی، دما، تابش الکترومغناطیس و غیره) طبقه‌بندی می‌شوند. بسیاری از آنها که به طور متداول در تهیه‌ی هیدروژل‌های دارای کاربردهای دارویی و زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، منشا طبیعی یا سنتزی دارند

سیستم‌های هیدروژل با آزادسازی کنترل شده

سیستم‌های دارورسانی مبتنی بر هیدروژل به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

۱) سیستم‌های دارای کنترل زمانی

۲) سیستم‌های آزادسازی به واسطه‌ی حضور یک محرک.

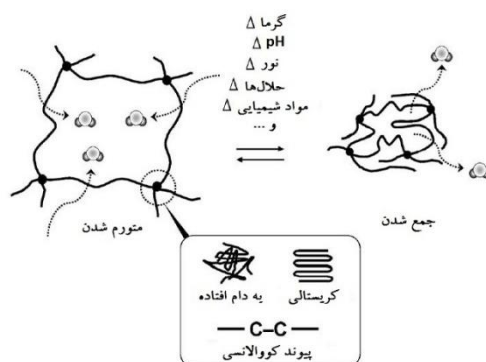
به گروه دوم نام‌های دیگری نظیر حساس به محرک، پاسخ دهنده به محرک، حساس به محیط، پاسخ دهنده به محیط یا به طور کلی سیستم‌های هیدروژل پاسخ دهنده نیز اطلاق می‌شود. با وجود توجه زیادی که به سیستم‌های دارورسانی نوین بر مبنای هیدروژل‌های حساس به محیط معطوف شده است، این سیستم‌ها معایب خاص خود را دارند. مهم‌ترین نقطه ضعف هیدروژل‌های حساس به محرک، زمان پاسخ آهسته‌ی آنها است. سیستم‌های هیدروژل حساس به محیط که به عنوان سیستم‌های هوشمند نیز شناخته می‌شوند، خود به سه زیرشاخه تقسیم می‌گردند:

۱) سیستم‌های آزادسازی با محرک فیزیکی

۲) سیستم‌های آزادسازی با محرک شیمیایی

۳) سیستم‌های آزادسازی با سایر محرک‌ها.

دما، جریان الکتریسیته، نور، فشار، صوت و میدان مغناطیسی از جمله محرک های فیزیکی هستند در حالی که pH، ترکیب حلال، یون ها و برهمکنش های ویژه ای که به شناسایی مولکول ها می انجامند از محرک های شیمیایی محسوب می شوند. شکل زیر رفتار متورم شدن - جمع شدن هیدروژل های حساس به محیط را نشان می دهد .



نمایش رفتار متورم شدن - جمع شدن هیدروژل های حساس به محیط

## نانوذرات هیدروژل (نانوژل)

به عنوان خانواده ای از ذرات نانومقیاس، مطالعات بسیاری در زمینه ی دارورسانی با نانوذرات هیدروژل که نانوژل نیز خوانده می شوند صورت گرفته است. موادی که دارای ساختار هیدروژل نانوذره ای هستند ویژگی هایی را که هیدروژل ها و نانوذرات هر یک به طور جداگانه دارا می باشند، به طور همزمان نشان می دهند. از این رو می توان از آبدوستی، انعطاف پذیری، تطبیق پذیری، میزان زیاد جذب آب و زیست سازگاری این ذرات و همه ی مزایای نانوذرات به ویژه طول عمر زیاد در چرخه ی مورد استفاده و امکان کاربرد روی سایت هدف به صورت فعال یا غیر فعال بهره گرفت. روش های مختلفی برای تهیه ی نانوذرات هیدروژل مورد استفاده قرار گرفته است که از آن میان می توان به بسپارسازی امولسیون، بسپارسازی بین سطحی، تبخیر حلال، ته نشینی حلال، نانوسوب گیری، انحلال بسپارهای طبیعی و امولسیون سازی - پخش اشاره کرد. در کنار بسپارهای سنتزی متداول، پژوهش های گسترده ای روی تهیه ی نانوذرات با استفاده از بسپارهای آبدوست طبیعی متمرکز شده است. در ادامه به بررسی انواع نانوذرات هیدروژل بر اساس نوع مواد بسپاری بکار رفته در تهیه ی آنها خواهیم پرداخت.