

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تبریز

دانشکده فنی و مهندسی مکانیک

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی

تهیه ابر جاذب های سلولزی و مشتقات آن

استاد راهنما

دکتر افضل کریمی

استاد مشاور

دکتر سید حسین حسینی

پژوهشگر

بهزاد اسمعیل پور

شهریور ۱۳۹۳

نام خانوادگی : اسمعیل پور	نام : بهزاد
عنوان پایان نامه : تهیه ابر جاذب‌های سلولزی و مشتقات آن	
استاد راهنما : دکتر افضل کریمی استاد مشاور : دکتر سید حسین حسینی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی شیمی گرایش: پلیمر دانشگاه: دانشگاه تبریز دانشکده: فنی و مهندسی مکانیک تاریخ فارغ‌التحصیلی: شهریور ۹۳ تعداد صفحه: ۷۶	
کلید واژه‌ها: ابرجاذب‌ها، عامل اتصال عرضی، متورم شدن، کربوکسی متیل سلولز، تشعشع مایکروویو، طرح ترکیب مرکزی	
<p>چکیده :</p> <p>ابرجاذب‌ها، پلیمرهای دارای اتصال عرضی هستند که به اندازه‌ی ده‌ها یا بیشتر از صدها برابر وزن خودشان از محیط اطراف خودشان آب جذب می‌کنند. این پلیمرهای نامحلول در آب، حتی تحت فشارهای ملایم، آب جذب شده را رها نمی‌کنند. این ویژگی موجب استفاده‌ی ابرجاذب‌ها در بسیاری از زمینه‌ها از جمله در کشاورزی به منظور ذخیره آب در خاک، در داروسازی در سیستم‌های رهایش دارو و در چشم پزشکی در ساخت لنز استفاده شده است. ابرجاذب‌ها بر اساس پایه‌ی اصلی پلیمر به دو نوع کاملاً سنتزی و طبیعی تقسیم‌بندی می‌شوند.</p> <p>این پایان نامه، تهیه ابرجاذب‌ها از ماده‌ی زیستی سلولز و مشتقات آن و عوامل موثر بر مقدار آب حفظ شده (WRV) توسط ابر جاذب‌ها و راه‌های افزایش آن بررسی شده است. سمی بودن ابرجاذب و زمان‌بر بودن سنتز آن دو مشکل اصلی در تهیه ابرجاذب‌ها می‌باشد. با استفاده از سیتریک اسید به عنوان عامل اتصال عرضی بر مشکل سمی بودن و با استفاده از تشعشع مایکروویو به جای روش انتقال حرارت جابجایی بر مشکل زمان غلبه شد و مقادیر WRV مقادیر WRV بزرگ‌تری نسبت به ابرجاذب‌های سنتز شده با عامل‌های اتصال عرضی سمی از قبیل دی‌وینیل سولفون و اپی‌کلروهیدرین مشاهده شد. همچنین، افزایش سرعت سنتز ابرجاذب به وسیله‌ی تشعشع مایکروویو از ۴۵۵۰٪ تا ۵۲۰۰٪ نسبت به حالت سنتز با انتقال حرارت جابجایی مشاهده شد.</p> <p>برای سنتز ابرجاذب، طراحی آزمایش با روش طرح رویه پاسخ (RSM) انجام شد و مدل غیرخطی با رگرسیون بالا ($R^2 = 0/940$) تعدیل شده و ($R^2 = 0/971$) به دست آمد و در شرایط بهینه (توان ۳۶۰W، مدت زمان ۴۱/۹۸ دقیقه و ۱/۵۵ درصد وزنی سیتریک اسید نسبت به وزن کربوکسی متیل سلولز) بیشترین مقدار WRV، ۱۴۶g/g، به دست آمد. همچنین توان مایکروویو، به عنوان موثرترین عامل بر مقدار WRV مشاهده شد.</p>	

فصل اول: مقدمه و مروری بر منابع

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	متورم شدن ابرجاذب‌ها	۲
۱-۲-۱	نیروی محرکه‌ی متورم شدن ابرجاذب‌ها	۲
۲-۲-۱	علت پدیده متورم شدن	۲
۳-۲-۱	علت عدم انحلال ابرجاذب در آب	۳
۳-۱	جذب سطحی رطوبت	۴
۴-۱	درجه جایگزینی	۴
۵-۱	اتصال عرضی	۸
۱-۵-۱	ایجاد اتصال عرضی در سلولز	۸
۶-۱	مقدار آب حفظ شده (WRV)	۱۱
۱-۶-۱	نوع جایگزین شونده و غلظت یون در محیط	۱۲
۲-۶-۱	توزیع جایگزین شونده‌ها	۱۳
۳-۶-۱	درجه اتصال عرضی	۱۵
۴-۶-۱	نوع عامل اتصال عرضی	۱۶
۷-۱	انواع ابرجاذب و نحوه‌ی تهیه‌ی آن	۱۸
۱-۷-۱	تقسیم بندی ابرجاذب‌ها بر اساس بار الکتریکی	۱۹
۲-۷-۱	تقسیم بندی ابرجاذب‌ها بر اساس واحد مونومری	۲۰
۸-۱	امواج میکروویو	۲۱
۱-۸-۱	مکانیسم تاثیر امواج میکروویو	۲۱
۲-۸-۱	مقایسه‌ی میکروویو و انتقال حرارت جابجایی	۲۱
۳-۸-۱	سنتز ابرجاذب به کمک میکروویو	۲۲
۹-۱	کاربرد ابرجاذب‌ها	۲۳
۱۰-۱	اهداف پروژه	۲۴
۱-۲	مواد مصرفی	۲۷

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۲	تجهیزات	۲۹
۳-۲	تهیه محلول و روش سنتز ابرجاذب	۳۰
۱-۳-۲	انتخاب حلال و ظرف میکروویو	۳۰
۲-۳-۲	ژل سازی و اعمال حرارت	۳۱
۴-۲	تعیین WRV	۳۲
۵-۲	روش طراحی آزمایش	۳۳
۱-۵-۲	طرح رویه پاسخ	۳۴

فصل سوم: بحث و نتایج

۱-۳	بررسی پارامترهای موثر بر مقدار WRV	۳۷
۱-۱-۳	اثر توان میکروویو	۳۷
۲-۱-۳	اثر زمان تشعشع	۴۲
۳-۱-۳	تأثیر مقدار عامل اتصال عرضی	۵۰
۲-۳	طراحی آزمایش تغییرات WRV	۵۳
۱-۲-۳	آنالیز ANOVA	۵۶
۲-۲-۳	رویه‌های پاسخ	۵۹
۳-۲-۳	شرایط بهینه	۶۳
۴-۲-۳	استفاده از شیب توان میکروویو در شرایط بهینه	۶۴
۳-۳	سنتز ابرجاذب با سایر پلی‌کربوکسیلیک‌اسیدها	۶۴
	نتیجه‌گیری	۶۹
	پیشنهادات	۷۱
	مراجع	۷۲

- شکل ۱-۱ نیروهای تورم ابرجاذب ۲
- شکل ۲-۱ گروه های آب دوستی موجود در شبکه ابرجاذب ۳
- شکل ۳-۱ تبدیل حالت فنری زنجیرها به حالت خطی ۳
- شکل ۴-۱ ساختار CMC و HEC ۴
- شکل ۵-۱ نمودار درصد یونیزه شدن کربوکسی متیل سلولز بر حسب pH ۱۳
- شکل ۶-۱ مقدار WRV بر حسب درصد غلظت نمک ۱۳
- شکل ۷-۱ مکانیسم پدیده مسدود شدن ژل ۱۴
- شکل ۸-۱ تاثیر درجه اتصال عرضی بر مقدار WRV در درجه جایگزینی ثابت ۱۵
- شکل ۹-۱ انواع ابرجاذبها بر اساس سمی و غیر سمی بودن ۱۷
- شکل ۱۰-۱ مکانیسم واکنش اپی کلرو هیدرین با مشتقات سلولزی ۱۷
- شکل ۱۱-۱ مکانیسم واکنش دی وینیل سولفون با سلولز ۱۸
- شکل ۱۲-۱ ابرجاذبها بر اساس بار الکتریکی ۲۰
- شکل ۱-۲ ساختار کربوکسی متیل سلولز ۲۷
- شکل ۲-۲ ساختار سیتریک اسید ۲۸
- شکل ۳-۲ ساختار سوکسینیک اسید ۲۸
- شکل ۴-۲ ساختار مالئیک اسید ۲۹
- شکل ۱-۳ تاثیر توان میکروویو بر WRV در زمان و غلظت ثابت ۳۷
- شکل ۲-۳ تاثیر میکروویو بر ساختار سلولز و مشتقات آن ۴۱

- شکل ۳-۳ تاثیر زمان تشعشع بر WRV در توان و مقدار سیتريک اسيد ثابت..... ۴۲
- شکل ۴-۳ كالريمتری تفاضلی پویشی سیتريک اسيد..... ۴۵
- شکل ۵-۳ كالريمتری تفاضلی پویشی مشتقات سلولزی استفاده شده ۴۶
- شکل ۶-۳ مکانيسم سنتز ابرجاذب مشتقات سلولزی با عامل اتصال عرضی سیتريک اسيد..... ۴۷
- شکل ۷-۳ نمودار نسبت تورم در برابر زمان واکنش بر حسب ساعت برای مخلوط هيدروکسی اتيل سلولز و کربوکسی متيل سلولز به نسبت ۳ به ۱ ۵۰
- شکل ۸-۳ تاثیر مقدار عامل اتصال عرضی بر مقدار WRV در محلول ۰.۲٪ CMC در توان W ۵۴۰ و زمان ۴۰ دقیقه..... ۵۱
- شکل ۹-۳ نمودار نسبت تورم در برابر زمان واکنش بر حسب ساعت برای مخلوط هيدروکسی اتيل سلولز و کربوکسی متيل سلولز به نسبت ۳ به ۱ ۵۳
- شکل ۱۰-۳ نمودارهای باقی مانده برای مقدارهای اندازه گیری شده WRV..... ۵۹
- شکل ۱۱-۳ روند تغيير مقدار WRV با تغييرات توان مايکروویو و درصد وزنی سیتريک اسيد.... ۶۰
- شکل ۱۲-۳ روند تغيير مقدار WRV با تغييرات توان مايکروویو و زمان تشعشع..... ۶۱
- شکل ۱۳-۳ روند تغيير مقدار WRV با تغييرات زمان تشعشع و درصد وزنی سیتريک اسيد..... ۶۲
- شکل ۱۴-۳ نمودارهای شرایط بهينه برای رسیدن به بیشترین مقدار WRV..... ۶۳
- شکل ۱۵-۳ واکنش تشکیل مالئیک انیدريد و سوکسينیک انیدريد با اعمال حرارت ۶۷
- شکل ۱۶-۳ واکنش اتصال عرضی از طریق سوکسينیک اسيد ۶۸

فهرست جداول

- جدول ۱-۱ درجه جایگزینی مشتقات سلولزی..... ۶
- جدول ۲-۱ بررسی وابستگی درجه جایگزینی و انحلال پذیری..... ۷
- جدول ۳-۱ وابستگی انحلال پذیری استات سلولز به درجه جایگزینی..... ۸
- جدول ۴-۱ عامل‌های اتصال عرضی سلولز..... ۹
- جدول ۵-۱ عامل‌های اتصال عرضی اترهای سلولز..... ۱۶
- جدول ۶-۱ مقایسه‌ی انتقال حرارت جابجایی و میکروویو..... ۲۲
- جدول ۱-۲ ثابت دی‌الکتریک چند نمونه از مواد و حلال‌های آلی..... ۳۱
- جدول ۱-۳ روند کاهش WRV با افزایش زمان..... ۳۹
- جدول ۲-۳ روند تغییرات نسبت تورم در سنتز ابرجاذب از آرد ذرت و سدیم آکریلات تحت تشعشع میکروویو..... ۴۰
- جدول ۳-۳ تغییرات نسبت تورم ابرجاذب سنتز شده از آرد ذرت و سدیم آکریلات در برابر تغییرات توان میکروویو در شرایط بهینه..... ۴۰
- جدول ۴-۳ مقادیر WRV در توان ۱۸۰W و مقدار ۵٪ سیتریک اسید در زمان‌های مختلف..... ۴۳
- جدول ۵-۳ مقادیر WRV در زمان ۴۰ دقیقه و توان ۵۴۰W در درصد‌های وزنی مختلف سیتریک اسید..... ۵۲
- جدول ۶-۳ سطوح و مقادیر متغیرها در بررسی تغییرات WRV..... ۵۴
- جدول ۷-۳ آزمایش‌های اندازه‌گیری WRV به ترتیب اجرا و نتایج تجربی..... ۵۵

جدول ۳-۸ آنالیز آماری ضرایب ثابت مدل برای اندازه‌گیری WRV ابرجاذب سنتز شده بر پایه

کربوکسی متیل سلولز.....۵۷

جدول ۳-۹ شرایط بهینه برای به حداکثر رساندن مقدار WRV.....۶۳

جدول ۳-۱۰ استفاده از شیب توان مایکروویو در شرایط بهینه.....۶۴

جدول ۳-۱۱ مقادیر WRV در توان ۳۶۰W و زمان ۴۵ دقیقه در ۱/۵ درصد وزنی

پلی کربوکسیلیک اسید.....۶۵

جدول ۳-۱۲ مقادیر WRV در ۱/۷۵٪ وزنی سوکسینیک اسید یا مائیک اسید.....۶۶

فصل اول

مقدمه و مروری بر منابع

۱-۱ مقدمه

مواد سلولزی و فیبری از قبیل کتان، پنبه و اسفنج دارای ظرفیت جذب آب^۱ در حدود ده برابر وزن خودشان می‌باشند اما این مواد تحت فشارهای ملایم، آب جذب شده را از دست می‌دهند. در اوایل ۱۹۷۰ وزارت کشاورزی ایالت متحده آمریکا^۲ برای ذخیره‌سازی و استفاده بهینه آب در خاک، اقدام به تولید مواد افزایش دهنده ظرفیت جذب آب در خاک و از این راه، ذخیره‌سازی آب در خاک بهبود داده شد. آن‌ها پلیمری بر اساس نشاسته/ آکریلو نیتریل/ آکریل آمید تهیه کردند که محصول تولید شده دارای ظرفیت جذب آب در حدود چهار صد برابر وزن خود را داشت و برخلاف موادی از قبیل پنبه و اسفنج، آب جذب شده توسط این مواد حتی تحت فشارهای ملایم، حفظ شد. خواص ابرجاذب‌ها، اغلب از طریق مقدار آب یا آب نمک حفظ شده^۳ توسط آن‌ها تعیین می‌شود که به صورت مقدار یا درصد آب یا آب نمک حفظ شده توسط پلیمر جاذب بعد از سانتیفریژ شدن آن بر مقدار نمونه خشک اولیه تعریف می‌شود[۱]. به طور کلی ابرجاذب‌ها^۴، گروهی از مواد پلیمری دارای اتصال عرضی^۵ می‌باشند که در آب حل نمی‌شوند و در آب یا محلول آبی به اندازه‌ی بیشتر از چند صد برابر یا بیشتر از هزار برابر وزن خودشان آب جذب کرده و حتی تحت فشارهای ملایم به راحتی آب از دست نمی‌دهند[۲]. غیرسمی بودن و ارزان بودن هیدروژل و عامل اتصال عرضی، در سنتز ابرجاذب بسیار مهم می‌باشد از این رو امروزه استفاده از مواد زیست برگشت پذیر پلی ساکاریدی از قبیل سلولز، نشاسته و کیتین و مشتقات آن‌ها نسبت به مواد سمی و سرطان‌زا از قبیل پلی آکریل آمیدی در بسیاری از زمینه‌ها از قبیل کشاورزی و داروسازی ارجحیت پیدا کرده‌اند.

¹ absorption capacity

² U.S. Department of Agriculture(USDA)

³ water or salt water retention value(WRV or SRV)

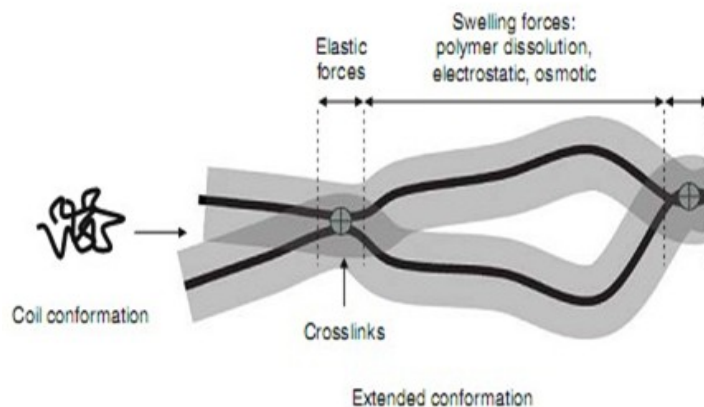
⁴ Superabsorbent Polymers(SAPs)

⁵ Cross-linking

۱-۲- متورم شدن ابرجاذبها^۱

۱-۲-۱ نیروی محرکه‌ی متورم شدن ابرجاذبها

نیروی محرکه متورم کردن ابرجاذبها، فشار اسمزی می‌باشد. بر اساس تعادل ترمودینامیکی در این مواد در حالتی که پتانسیل شیمیایی آب در محیط بیش از داخل ابرجاذب باشد، نفوذ آب از محیط به داخل این مواد انجام گرفته و باعث متورم شدن پلیمر تا چندین برابر حجم اولیه‌اش خواهد شد. در حالتی که پتانسیل شیمیایی آب در ابرجاذب بالاتر از محیط باشد، نفوذ آب از ابرجاذب به سمت محیط اطراف بوده و یا به عبارت دیگر عمل دفع صورت می‌گیرد که این پدیده با انقباض ابرجاذب همراه خواهد بود [۳]. نیروهای متورم سازی ابرجاذب در شکل (۱-۱) نشان داده شده است [۴].



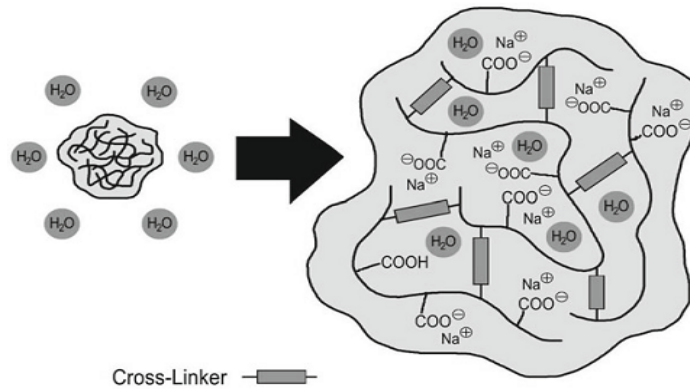
شکل ۱-۱ نیروهای تورم ابرجاذب [۴]

۱-۲-۲ علت پدیده متورم شدن

علت اصلی متورم شدن به خاصیت آب‌دوستی گروه‌هایی از قبیل کربوکسیلیک اسید (COOH) مربوط می‌شود که از طریق هیدراته شدن و تشکیل پیوند هیدروژنی از اندرکنش بین حلال و پلیمر

^۱ swelling

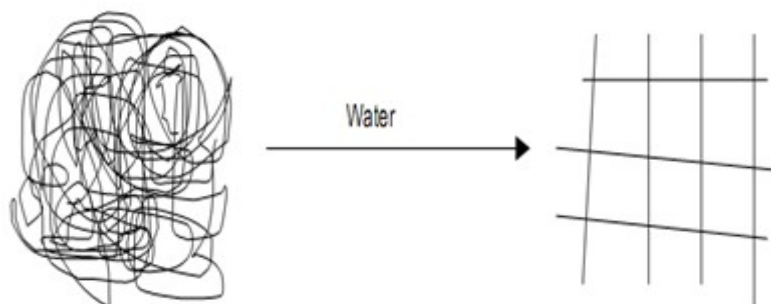
ایجاد می‌شود. همچنین، دافعه بین بارهای منفی گروه‌های کربوکسیلی باعث گسترش شبکه پلیمری می‌شود [۵]. در شکل (۲-۱) ساختار یک ابرجاذب در حالت متورم نشان داده شده است [۳].



شکل ۲-۱ گروه‌های آب‌دوستی موجود در شبکه ابرجاذب [۳]

۳-۲-۱ علت عدم انحلال ابرجاذب در آب

وجود اتصال عرضی در سه بعد در بین زنجیرهای پلیمری از گسترش و متورم شدن بیش از اندازه زنجیرهای پلیمری جلوگیری کرده و از انحلال ابرجاذب در آب جلوگیری می‌کند که این عامل جلوگیری کننده، نتیجه‌ی نیروهای انقباضی الاستیک در شبکه می‌باشد که با کاهش آنروپی زنجیره‌ها همراه خواهد بود و در نتیجه زنجیرها از حالت مارپیچی به حالت خطی تبدیل می‌شوند که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است [۴, ۶].



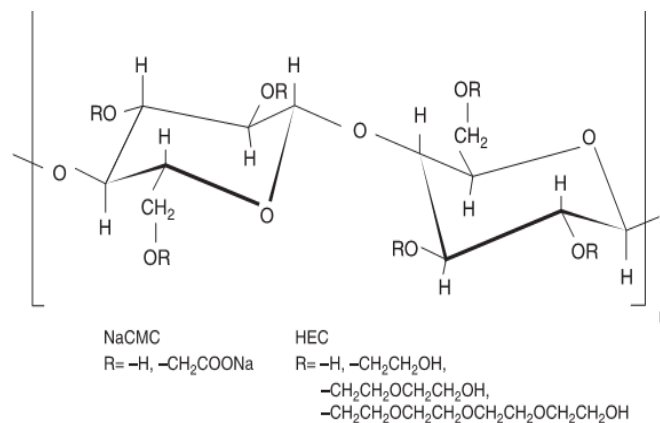
شکل ۳-۱ تبدیل حالت فنری زنجیرها به حالت خطی [۶]

۳-۱ جذب سطحی رطوبت^۱

ساختار یک جاذب قبل از تماس با آب، با بخار آب در تماس خواهد بود. جذب سطحی مولکول‌های آب در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی به صورت جذب فیزیکی (وان‌دروالسی) بین مولکول‌های بخار و سطح جامد انجام خواهد شد. مقدار رطوبت جذب شده توسط ماده جاذب، به فشار بخار و دما بستگی دارد و به طور کلی در فشار بخار بالاتر و دمای پایین‌تر، مقدار جذب سطحی بیش‌تری خواهیم داشت [۱].

۴-۱-۲ درجه جایگزینی^۲

تعداد میانگین گروه‌های هیدروکسیلی اتری شده در یک واحد گلوکز هیدراته نشده^۳ را درجه جایگزینی گویند. با افزایش درجه جایگزینی، مشتق سلولزی مورد نظر، انحلال‌پذیری بیش‌تری در آب خواهد داشت [۱]. از مشتقات سلولزی که در سنتز ابرجاذب‌ها به کار برده می‌شود می‌توان به کربوکسی متیل سلولز^۴ و هیدروکسی اتیل سلولز^۵ اشاره کرد که در شکل (۴-۱) ساختار این دو ماده نشان داده شده است.



شکل ۴-۱ ساختار HEC و CMC [۷]

¹ Moisture sorption

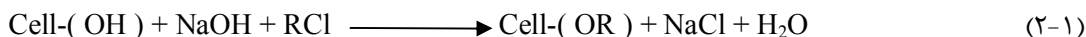
² Degree of Substitution(DS)

³ anhydroglucose

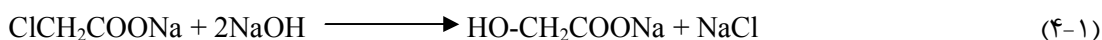
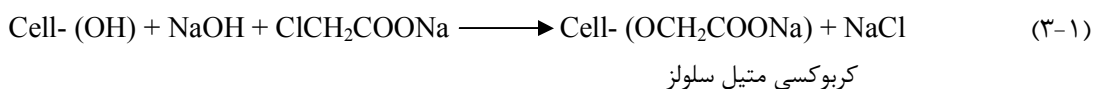
⁴ Carboxymethylcellulose(CMC)

⁵ Hydroxyethylcellulose(HEC)

که این دو مشتق سلولزی از واکنش اتری شدن^۱ تولید می‌شوند. واکنش عمومی سنتز اتر سلولزی، طبق واکنش (۲-۱) زیر می‌باشد.



واکنش سنتز کربوکسی متیل سلولز مطابق واکنش (۳-۱) انجام می‌گیرد.



با توجه به ساختار کربوکسی متیل سلولز، می‌توان بیان کرد کربوکسی متیل سلولز یک اتر اسیدی است که هم به عنوان اتر سلولزی و هم به عنوان گلیکولیک اسید^۲ می‌توان در نظر گرفت [۸].

با توجه به تعداد گروه‌های هیدرکسیل موجود در واحدهای گلوکز، حداکثر مقدار درجه جایگزینی برابر با ۳ می‌باشد اما اغلب مشتقات سلولزی دارای درجه جایگزینی کمتر از ۱ می‌باشند. در جدول (۱-۱) مقدار درجه جایگزینی تعدادی از مشتقات سلولزی آورده شده است [۹-۱۸].

با افزایش درجه جایگزینی مشتقات سلولزی، خواص مکانیکی و زیست‌برگشت‌پذیری آن‌ها کاهش خواهد یافت [۱۹-۲۱]. درجه جایگزینی کربوکسی متیل سلولز عموماً بین ۰/۵ - ۰/۹۵ می‌باشد اما نوع تجاری آن دارای درجه جایگزینی ۰/۴ - ۱/۴ می‌باشد.

^۱ Etherification

^۲ glycolic acid

جدول ۱-۱ درجه جایگزینی مشتقات سلولزی [۹-۱۸]

نام ماده	DS
نیترات سلولز	بزرگتر از ۲/۸
تری استات سلولز	بزرگتر از ۲/۶
سلولز استات	۱/۷-۲/۵
متیل سلولز	۱/۲-۱/۹
هیدروکسی اتیل سلولز	۰/۹-۱/۶
کربوکسی متیل سلولز	۰/۴-۱/۲

کربوکسی متیل سلولز با مقدار درجه جایگزینی زیر ۰/۴، نامحلول در آب می‌باشد و فقط در محیط بازی حل می‌شود [۲۲-۲۴]. خواص انحلال پذیری انواع اترهای سلولزی و وابستگی آن‌ها به مقدار DS، در جدول (۱-۲) آورده شده است [۲۵].

بر اساس داده‌های جدول (۱-۲)، قابلیت انحلال مشتق سلولزی در حلال‌های مختلف به مقدار درجه جایگزینی بستگی دارد [۲۶].

جدول ۲-۱ بررسی وابستگی درجه جایگزینی و انحلال پذیری [۲۵]

مقدار درجه جایگزینی برای انحلال پذیری در :			اثر سلولزی
حلال آلی	آب سرد	4% NaOH	
۲/۵ - ۳	۱/۳ - ۲/۶	۰/۴ - ۰/۶	متیل سلولز
۲/۳ - ۲/۶	۰/۸ - ۱/۳	۰/۵ - ۰/۷	اتیل سلولز
	۰/۵	۰/۵	هیدروکسی اتیل سلولز
	۰/۵ - ۱/۲	۰/۵	کربوکسی متیل سلولز
۱/۸ - ۲/۰			بنزیل سلولز

بر اساس داده‌های جدول (۲-۱)، قابلیت انحلال مشتق سلولزی در حلال‌های مختلف به مقدار درجه جایگزینی بستگی دارد [۲۶].

در جدول (۳-۱) وابستگی انحلال پذیری استات سلولز به درجه جایگزینی نشان داده شده است [۲۷]:

جدول ۱-۳ وابستگی انحلال پذیری استات سلولز به درجه جایگزینی [۲۷]

انحلال پذیری (قابل حل + و غیر قابل حل -) در حلال				درجه جایگزینی (DS) استات سلولز
۲-متوکسی- اتانول	استون	آب	کلروفرم	
-	-	-	+	۲/۸-۳/۰
-	+	-	-	۲/۲-۲/۷
+	-	-	-	۱/۲-۱/۸
-	-	+	-	۰/۶-۰/۹
-	-	-	-	۰/۶ >

۱-۵ اتصال عرضی

یکی از مرسوم ترین روش های سنتز ابرجاذب ها، ایجاد اتصال عرضی در سلولز یا مشتقات سلولزی می باشد. توجه شود که پلیمرهای دارای اتصال عرضی، لزوما جاذب آب نیستند بلکه آن دسته از پلیمرهای دارای اتصال عرضی توانایی تشکیل ابرجاذب را دارند که قابلیت تشکیل پیوند هیدروژنی را داشته باشند [۲۸, ۲۹].

۱-۵-۱ ایجاد اتصال عرضی در سلولز

مواد سلولزی دارای اتصال عرضی، از ترکیب حداقل دو گروه هیدروکسیلی در هر واحد سلولزی یا واحدهای مجاور هم سنتز می شوند و عامل های اتصال عرضی مربوط به سلولز و مشتقات آن باید

دارای دو یا بیشتر از دو محل قابل واکنش^۱ در ساختار خود، برای واکنش با دو گروه هیدروکسیلی، باشند. فرمالدئید با وجود اینکه اغلب به صورت تک عاملی^۲ رفتار می کند اما در واکنش با سلولز به صورت دو عاملی رفتار می کند. فرمالدئید مطابق واکنش دو مرحله ای، باعث ایجاد اتصال عرضی در ساختار سلولز می گردد [۱]:



در جدول (۴-۱) تعدادی از عامل های اتصال عرضی سلولز آورده شده است [۱, ۳۰, ۳۱].

جدول ۴-۱ عامل های اتصال عرضی سلولز [۱, ۳۰, ۳۱]

- فرمالدئید
- دی آلدئید
- گلیکوزال
- دی اپوکسیدها
- ترکیبات وینیلی
- دی وینیل سولفون
- ترکیبات شامل دی هالوژن
- دی کلرو استون
- ترکیبات نیتروژن دار متیل اول شده
- دی متیل اول اوره
- هالوهیدرین ها
- اپی کلروهیدرین

^۱ Difunctional

^۲ monofunctional

اپی کلروهیدرین به عنوان عامل اتصال عرضی به صورت یک عاملی و دو عاملی فعال است، به این دلیل که از یک سو شامل کلر قابل تعویض فعال بوده و از سوی دیگر قادر به انجام واکنش باز شدن حلقه^۱ می باشد [۱, ۳۲].

دو روش عمومی برای ایجاد اتصال عرضی در سلولز وجود دارد؛ ایجاد اتصال عرضی مرطوب^۲ و خشک [۱, ۳۱-۳۶].^۳

۱-۱-۵-۱ ایجاد اتصال عرضی مرطوب

در این روش، عامل اتصال عرضی را که در محیط معدنی اسیدی یا بازی قوی اشباع شده، قرار داده و به رشته‌های سلولزی متورم اضافه می‌شود و به منظور تکمیل فرایند اتصال عرضی، محصول کلی به مدت یک روز در دمای اتاق نگه داشته شده و حرارت دادن کامل و اعمال دماهای بالا فقط بعد از کامل شدن اتصال‌های عرضی انجام خواهد شد. در تولید محصولات جاذب کاغذی و تهیه جاذب از ابریشم مصنوعی، این تکنیک استفاده شده است [۳۱, ۳۴, ۳۵].

۱-۱-۵-۲ ایجاد اتصال عرضی خشک

بالای ۹۰٪ مقاومت در برابر چروکیدگی پارچه‌های کتان با این تکنیک ایجاد می‌شود. برای سلولز واکنش شیمیایی در محیط اسیدی انجام داده می‌شود که این واکنش، شامل اشباع کردن پارچه‌ها با محلول آبی حاوی عامل ایجاد اتصال عرضی و یک کاتالیزور و سپس خشک کردن و سپس سرد کردن در چندین دفعه می‌باشد. این عملیات بدون هیچ شکستنی انجام می‌گیرد. این تکنیک در تولید رزین‌های آمینوپلاستیکی و تولید رزین‌هایی از قبیل ملامین استفاده می‌شود [۳۵]. یکی از

¹ ring opening reaction

² Wet-cross-linking

³ Dry-cross-linking