

ویژگی های میکرو ساختاری و تورم هیدروژل های پلی (آکریلیک اسید-آکریل آمید) پیوند شده با پودر پوست هندوانه و پودر پوست خیار - بنتونیت یا زئولیت

ساسان گنجه ای^۱، احمد قلی زاده^{۲*}، سید احمد کتابی^۳، مهدی کلاگر^۱

^۱ کارشناسی ارشد، پژوهشگر مرکز تحقیقات و توسعه، سازمان اتکا

^۲ استادیار دانشکده فیزیک، دانشگاه دامغان

^۳ استاد دانشکده فیزیک، دانشگاه دامغان

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۷

تاریخ تصحیح: ۹۷/۰۴/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۰۴

چکیده

در این مقاله پنج پلیمر سوپر جاذب با استفاده از پراکندگی پودر پوست هندوانه و پودر پوست خیار (*WSP-CSP*)، ترکیب پودر پوست هندوانه و بنتونیت (*WSP-B*)، ترکیب پودر پوست خیار و بنتونیت (*CSP-B*)، زئولیت (*Z*) و بنتونیت (*B*) درون پلی (آکریل آمید-آکریل اسید) (*P*) حل شده در سیستم آبی به وسیله روش شیمیایی اتصال عرضی به ترتیب با نامهای *P-WSP-CSP*، *P-WSP-B*، *P-CSP-B*، *P-Z*، *P-B* تهیه شد. هیدروژل های پلیمری از طریق اتصال عرضی شیمیایی با روش پلیمریزاسیون با استفاده از N,N متیلن بیس آکریل آمید به عنوان اتصال دهنده عرضی و پتاسیم پرسولفات به عنوان آغازگر در یک شرایط محیطی ساده سنتز شده است. این هیدروژل های پلیمری سوپر جاذب به صورت تحلیلی با استفاده از آنالیزهای میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (*FE-SEM*)، طیف سنجی مادون قرمز (*FTIR*) و پراش پرتو ایکس (*XRD*) ارزیابی شدند. همچنین میزان جذب و واجذب آب این هیدروژل های پلیمری سوپر جاذب مطالعه شده است. یافته های این کار نشان داد که نرخ جذب بالای آب و نرخ واجذب پایین *P-CSP* در مقایسه با نمونه های دیگر به سطح بسیار متخلخل مشاهده شده در تصویر *FE-SEM* مرتبط است. نتایج نشان می دهد پلیمرهای سوپر جاذب با پایه *CSP* ظرفیت جذب آب و قابلیت حفظ آب بسیار بالایی را دارند که این سوپر جاذب ها را برای کاربردهای فناوری مناسب می سازد.

کلمات کلیدی: سوپر جاذب، نانوکامپوزیت، روش شیمیایی اتصال عرضی، ویژگی های ساختاری و سطحی، جذب و واجذب آب.

۱- مقدمه

فرآورده های هیدروژلی از یک گروه مواد پلیمری تشکیل می شوند که ساختار آب دوستشان، آنها را قادر به نگهداری مقدار زیادی آب در شبکه سه بعدیشان می سازد. بخاطر بکارگیری گسترده این محصولات در بسیاری از زمینه های صنعتی و محیط زیستی، کاربرد آنها به عنوان یکی از اولویتهای مهم در نظر گرفته می شوند. همان طور که انتظار می رفت هیدروژل های مصنوعی به دلیل ظرفیت جذب آب بیشتر، عمر طولانی تر و تنوع گسترده از مواد شیمیایی به تدریج جایگزین هیدروژل های طبیعی شدند. طی سال های اخیر به هیدروژل های سوپر جاذب مبتنی بر مواد طبیعی به دلیل کاربردهای گسترده در جذب و نگهداری حجم بالایی

آب همراه با ثبات ساختاری توجه قابل ملاحظه‌ای شده است. سوپر جاذب‌ها شامل تعداد زیادی گروه‌های عاملی [۱، ۲] از پلیمرهای آب دوست هستند که به وسیله اتصال عرضی از پیوندهای کووالانسی یا یونی و نیروهای ثانویه در فرم پیوندهای هیدروژنی یا برهمکنش‌هایی آگریزی به هم متصل شده‌اند [۳، ۴]. ژل‌های پلیمری بیشتر با کوپلیمری شدن یک مونومر و یک شبکه‌ساز در یک حلال و یا وارد کردن پیوندهای عرضی به درون محلولی پلیمری ناهمگن فرآوری می‌شوند. توانایی هیدروژل‌ها در جذب آب ناشی از سازوکارهای مختلف شامل آثار پراکندگی، اسمزی و گروه‌های عاملی آب دوست متصل به ساختار پلیمری است در حالی که مقاومت آنها در برابر انحلال، ناشی از پیوندهای عرضی میان زنجیره‌های شبکه است [۵].

پلیمرهای سوپر جاذب در محصولات کشاورزی، بهداشتی، جاذب‌های صنعتی [۶، ۷]، سیستم تحویل دارو [۸] استفاده می‌شوند. زیست پلیمرهای کربوهیدرات طبیعی در دهه‌های اخیر به علت ویسکوزیته بالا، پایداری حرارتی، زیست تجزیه پذیری، ویژگی‌های تشکیل لایه و ظرفیت جذب آب، توجهات زیادی در مطالعات علمی و صنعتی داشته‌اند [۹]. شبکه این کربوهیدرات‌ها می‌تواند به وسیله تعدادی از مونومرها (مانند مونومرهای آکریلات) برای افزایش ماهیت آبدوستی، آگریزی یا پلی الکترولیتی کربوهیدرات از طریق واکنش دهنده‌های مختلف و شرایط بکارگیری استفاده شوند که این روش کارآمد برای آماده‌سازی پلیمرهای سوپر جاذب است [۱۰]. قابلیت تشکیل سوپر جاذب از طریق پلیمریزاسیون مونومرها درون پلی ساکاریدهایی مانند نشاسته، کیتوزان، آلژینات سدیم و صمغ زانتان به خوبی اثبات شده است [۱۱-۱۲] همچنین اضافه کردن رس معدنی یک روش نسبتاً موثر برای بهبود ویژگی‌های این نوع از هیدروژل‌ها است [۱۳].

پودر پوست هندوانه (*WSP*) و پودر پوست خیار (*CSP*)، پلی ساکاریدهای ارزان قیمت سازگار با محیط زیست [۱۴]، زیست تجزیه پذیر، غیر سمی، تجدیدپذیر و پایدار هستند. کاربرد وسیع آنها توسط بعضی از ویژگی‌های ساختاری و عملکردی (مانند: حلالیت کم در دمای اتاق در آب) محدود شده است [۱۵]. با این حال پیوند مونومرهای آکرلیک اسید و آکریل آمید به ترکیب *WSP* و *CSP* (یا *CSP* و بنتونیت یا *WSP* و بنتونیت)، به طور مؤثری می‌توان ویژگی‌های پلی ساکارید و پلیمرهای مصنوعی را ترکیب کرد. هیدروژل‌های مبتنی بر ترکیب *WSP* و *CSP* یک نوع مواد پلیمری پیشرفته با مقاومت خوب در برابر نمک، استحکام بالا و جاذب و نگهدارنده خوبی برای آب هستند.

در این مقاله سنتز و مشخصه‌یابی نانوکامپوزیت‌های سوپر جاذب آلی-معدنی تشکیل شده از پلی (آکرلیک اسید)/پلی (آکریل آمید)-ترکیب *WSP* و *CSP* (یا *CSP* و بنتونیت یا *WSP* و بنتونیت) از طریق اتصال عرضی شیمیایی با روش پلیمریزاسیون با استفاده از N,N متیلن بیس آکریل آمید (اتصال دهنده عرضی) و پتاسیم پرسولفات (آغازگر) در یک شرایط محیطی ساده بررسی شده است. همچنین پلیمرهای سوپر جاذب مبتنی بر بنتونیت و ژئولیت از همین روش ترکیب کردن پلی (آکرلیک اسید)/پلی (آکریل آمید) سنتز شده‌اند. در این پژوهش کامپوزیت‌های پلیمری به وسیله طیف *FTIR*، *FE-SEM* و *XRD* تجزیه و تحلیل

شدند. نتایج نشان داد که اضافه کردن مقدار مناسب از رس‌های معدنی توانست استحکام مکانیکی و ظرفیت جذب آب سوپر جاذب‌ها را بهبود ببخشد.

۲- روش تجربی

۲-۱- مواد آزمایشگاهی و دستگاه‌ها

دو مونومر استفاده شده در این مطالعه، آکریل آمید و آکرلیک اسید (AA, Merck Company, 99%) هستند. پتاسیم پرسولفات که بدون خالص سازی به عنوان آغازگر و N,N متیلن بیس آکریل آمید (Merck Company) به عنوان عامل پیوند دهنده مورد استفاده قرار گرفتند ساخت شرکت مرک آلمان هستند. WSP و CSP، از قرار دادن پوست تازه هندوانه و خیار برای ۲۴ ساعت در خشک‌کن در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و پودر کردن با هاون و غربال کردن ذرات با الک مش‌بندی ۲۰۰ میکرونی به دست آمدند. در مراحل پلیمریزاسیون از آب دی‌یونیزه و گاز نیتروژن با خلوص بالا استفاده گردید.

طیف‌های مادون قرمز سوپر جاذب‌ها در دستگاه طیف‌سنج Perkin Elmer 2 RX1 با استفاده از روش قرص KBr فشرده در محدوده طیفی بین $4000-400\text{ cm}^{-1}$ ثبت شد. نمونه‌های خشک‌شده با نسبت ۱ تا ۱۰۰ با پودر KBr مخلوط شدند و قبل از گرفتن طیف، به قرص‌های فشرده تبدیل شدند. پراش پودری پرتو ایکس سوپر جاذب‌ها با استفاده از دستگاه Bruker با منبع تابش $Cu-K\alpha$ ($\lambda = 1.5406\text{ \AA}$) در گستره‌ی زاویه‌ای $2\theta = 5-75^\circ$ و دقت 0.02° بدست آمد. تصاویر ریخت‌شناسی سطحی از سوپر جاذب‌های نانوکامپوزیت سنتز شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM)، مدل HITACHI S-4160 بدست آمدند.

۲-۲- سنتز سوپر جاذب‌های نانوکامپوزیت مورد مطالعه

برای سنتز سوپر جاذب پلی (آکرلیک اسید)/پلی (آکریل آمید)-WSP، CSP، زئولیت یا بنتونیت (یا CSP و بنتونیت یا WSP و بنتونیت) نیاز است که آکرلیک اسید قبل از استفاده با سود (NaOH)، تا ۸۰ درصد در حمام آب یخ خنثی‌سازی شود. ابتدا ۲ گرم از آکریل آمید حل شده درون ۳۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه را همراه با WSP و CSP به نسبت ۱:۱ (یا نسبت ۱:۱ بنتونیت و WSP یا نسبت ۱:۱ بنتونیت با CSP یا زئولیت یا بنتونیت) به یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری سه دهانه برای تهیه آکریل آمید-CSP-WSP، آکریل آمید-WSP-بنتونیت، آکریل آمید-CSP-بنتونیت، آکریل آمید-زئولیت و آکریل آمید-بنتونیت انتقال می‌دهیم. بالن سه دهانه مجهز به دماسنج، هم زن و ورودی گاز ازت است. این ترکیب برای همگن شدن و خروج اکسیژن با استفاده از انتشار آرام گاز ازت برای مدت یک ساعت هم زده شد. آکرلیک اسید (۱۰ میلی‌لیتر) در ۱۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه حل شد و با استفاده از سود (NaOH) خنثی‌سازی شد. در ادامه مقدار ۱۴ میلی‌لیتر از آکرلیک اسید خنثی شده، به ترکیب آکریل آمید-CSP-WSP (آکریل آمید-WSP-بنتونیت، آکریل آمید-CSP-بنتونیت، آکریل آمید-زئولیت و آکریل آمید-

بنتونیت) اضافه شد. سپس مقدار مورد نیاز پتاسیم پرسولفات (۰/۴ گرم) به عنوان آغازگر در ۲ میلی لیتر آب دیونیزه حل و به ترکیب در حال همگن شده اضافه گردید. بعد از ۱۵ دقیقه N,N بیس آکریل آمید (NBA) (۰/۳۲ گرم) حل شده در آب به عنوان پیوند دهنده عرضی به ترکیب اضافه شد. ترکیب واکنشی تا تکمیل شدن پلیمریزاسیون در حمام آب در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد هم زده شد. عمل همزدن مکانیکی در تمام مراحل واکنش وجود داشت. بعد از تکمیل شدن پلیمریزاسیون محصول تولید شده با اتانول به مدت ۵ دقیقه شست و شو داده و برای مدت ۱۵ ساعت درون هاون در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. برای آسانی پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید)-WSP-CSP، پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید)-WSP-بنتونیت، پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید)-CSP-بنتونیت، پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید)-زئولیت، پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید)-بنتونیت را به اختصار به صورت P-B, P-Z, P-CSP-B, P-WSP-B, P-WSP-CSP نامگذاری می کنیم.

۳-۲- مشخصه یابی

برای ارزیابی جذب آب نمونه ها، نمونه هیدروژل خالص و خشک در ۵۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه برای مدت ۲۱۰ دقیقه قرار گرفت. پس از برقراری تعادل، آب اضافی با عبور از صافی و آویختن برای مدت ۴۵ دقیقه حذف شد. ظرفیت جذب آب نمونه ها در زمان های مختلف به عنوان وزن آب جذب شده بر گرم پلیمرهای سوپر جاذب به صورت زیر محاسبه شد [۱۷-۱۸]:

$$Q_{eq} = \frac{(M_2 - M_1)}{M_1} \quad (1)$$

جذب Q_{eq} (g/g) به صورت گرم ژل متورم (M_2) بر گرم هیدروژل خشک (M_1) محاسبه شد. با همین شیوه، میزان تورم نمونه های سنتز شده در مراحل و شرایط گوناگون تهیه سنتز اندازه گیری شد. مقادارهای واجذب آب با استفاده از معادله زیر به دست آمد.

$$W.R. = (M_t / M_0) \times 100 \quad (2)$$

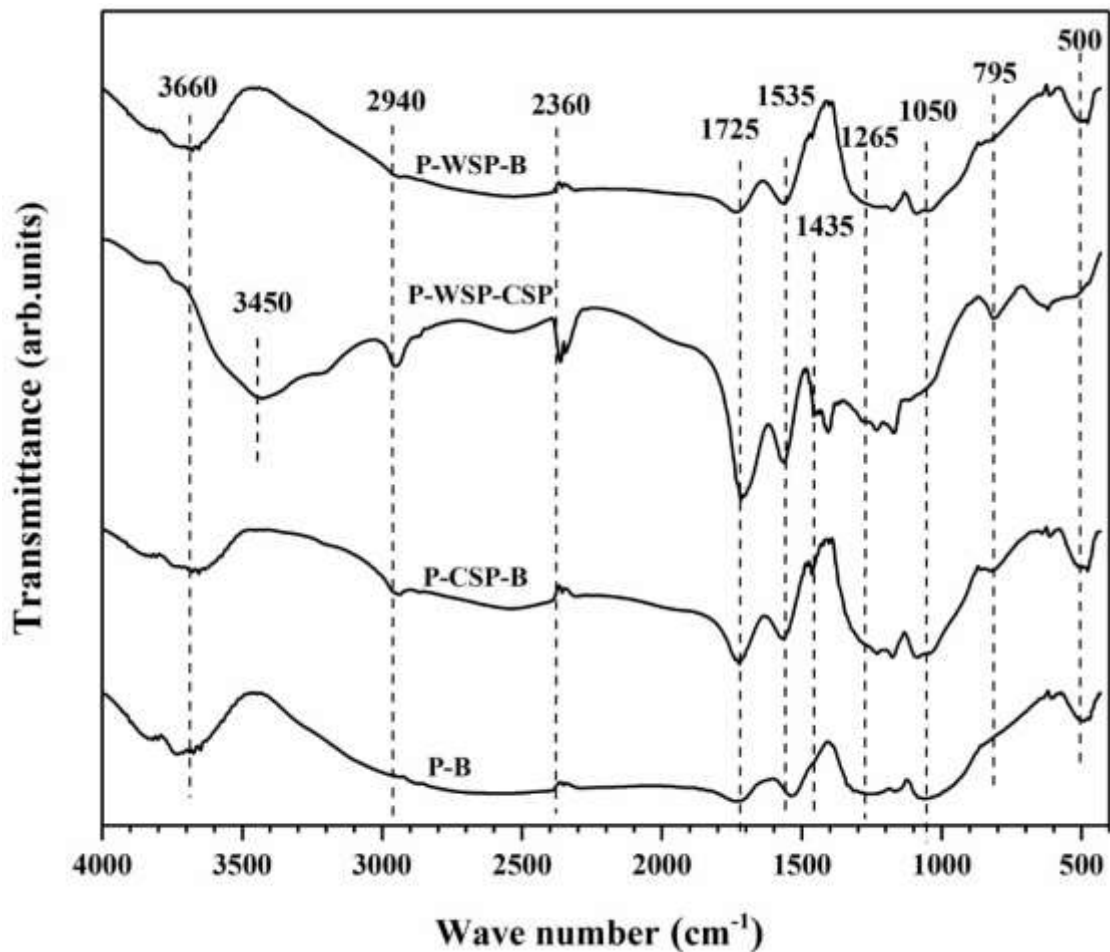
که M_0 وزن اولیه سوپر جاذب در آب و M_t وزن آب از دست رفته در هر فاصله زمانی است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی طیف FTIR

نتایج طیف سنجی FTIR نمونه ها در شکل ۱ نشان داده شده است. به طور کلی انواع گروه های عاملی اکسیژنی در ساختار شامل مدهای ارتعاشی اپوکسی ($C-O-C$) ($1320-1230 \text{ cm}^{-1}$)، $sp^2-C=C$ ($1600-1500 \text{ cm}^{-1}$)، در سطح ارتعاشی، کربوکسیل ($COOH$) ($1750-1650 \text{ cm}^{-1}$)، گونه های کربونیل ($C=O$) ($1650-1600 \text{ cm}^{-1}$)؛ ($1850-1750 \text{ cm}^{-1}$) [۱۹]، $C-H$ و هیدروکسیل ($C-OH$) ($3800-3050 \text{ cm}^{-1}$) و (1070 cm^{-1}) با همه ی $C-OH$ ارتعاشی از $COOH$ و H_2O می باشند. در ادامه گروه های عاملی در طیف FTIR سوپر جاذب ها شناسایی می شوند.

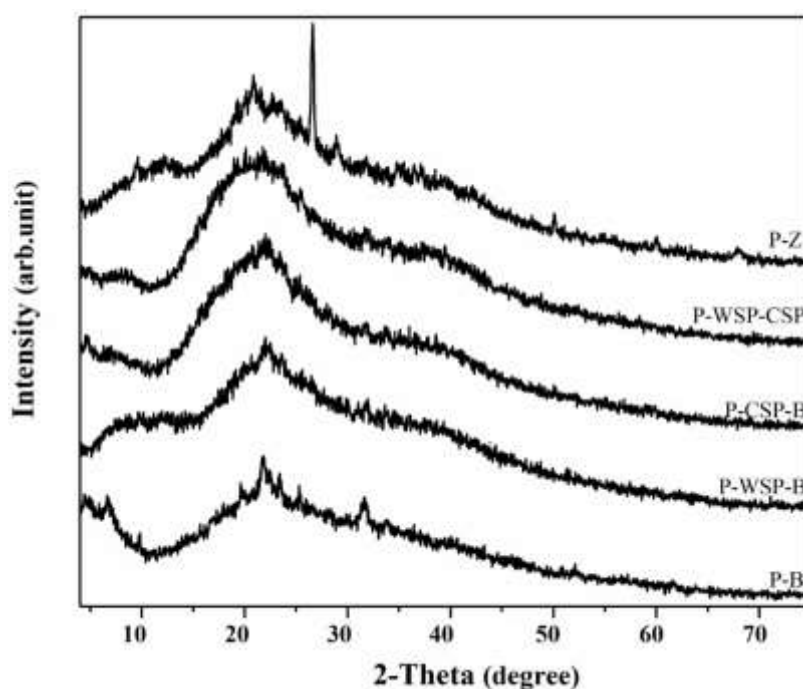
پیوندهای جذبی در 3660 cm^{-1} و 3450 cm^{-1} به خاطر ارتعاشات کششی گروه‌های هیدروکسیل (OH) به دلیل حضور اسید یا آب در نمونه‌ها است [۱۹]. پیوندهای 1725 cm^{-1} مربوط به $C=O$ [۲۰] و پیوند جذبی در تقریباً 1535 cm^{-1} با پیوند $C=C$ حلقه‌های آروماتیک مطابقت دارند. ارتعاشات 1435 cm^{-1} ، 1265 cm^{-1} ، 1050 cm^{-1} و 795 cm^{-1} متعلق به گروه ارتعاشی کششی $C-OH$ و همچنین ارتعاش $C-O$ در 1050 cm^{-1} ، 795 cm^{-1} تشکیل می‌شوند. ارتعاش 1265 cm^{-1} به علت پیوند نامتقارن آروماتیک کشش اپوکسی مولکول‌های هیبرید شده SP^2 پیوند ($C-O$) و ($C-C$) است [۱۳ و ۱۵]. در زیر 3000 cm^{-1} دو قله CH_3 (2940 cm^{-1}) و CH_2 (2920 cm^{-1}) وجود دارد [۲۱]. قله CH_3 نشان دهنده کشش ارتعاشی متقارن در مولکول CH_3 است، در حالی که قله CH_2 نشان دهنده کشش ارتعاشی متقارن در CH_2 است. پیوند حدود 2360 cm^{-1} به نشأت گرفته از هوا در حین اندازه‌گیری $FTIR$ مرتبط است. حضور گروه هیدروکسیل (OH) در عدد موج پایین برای CSP و $P-CSP$ می‌تواند در افزایش جذب آب بیشتر مشارکت داشته باشد. گروه‌های کربنی و آب تشکیل شده در هیدروژل‌ها نشان می‌دهد که این نانوکامپوزیت‌های سوپرجاذب تشکیل شده‌اند.



شکل ۱- طیف $FTIR$ مربوط به $P-B$, $P-Z$, $P-CSP-B$, $P-WSP-B$, $P-WSP-CSP$

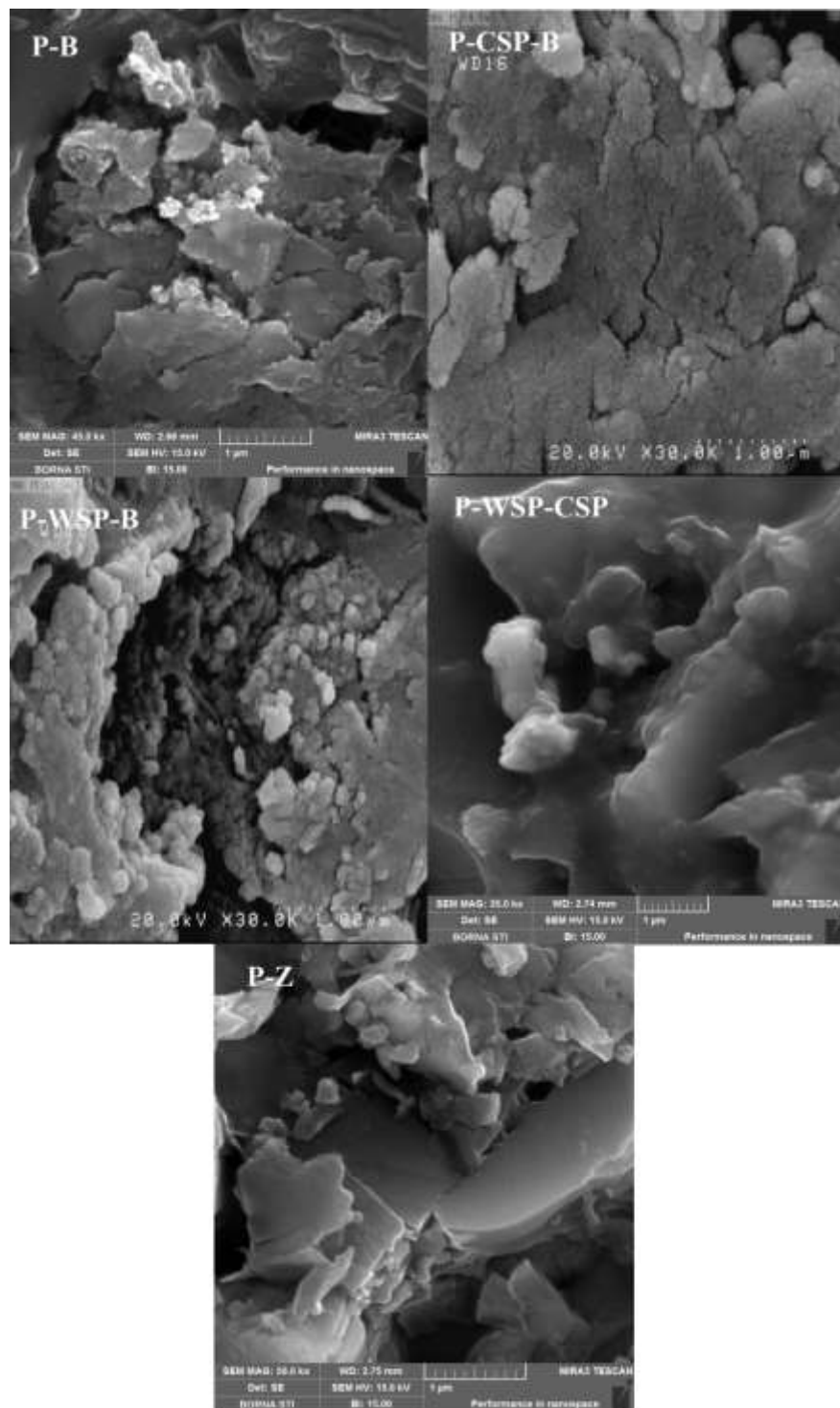
۳-۲- بررسی ساختاری و ریخت‌شناسی سطحی

الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به پلیمرهای سوپر جاذب در شکل ۲ نشان داده شده است که قله‌ی پهنی در 19.8° درجه نمایش می‌دهد. نمونه‌ها رفتار جامدات بی‌شکل را دارند اما در نمونه $P-B$ و $P-Z$ علاوه بر رفتار جامدات بی‌شکل، رفتار نیمه‌بلوری را نشان می‌دهند. پهن‌شدگی و شدت ضعیف قله‌های سوپر جاذب‌ها، نشان دهنده‌ی بی‌نظمی داخل ساختار (بلوری) است. این قله‌های مشاهده شده در طیف سوپر جاذب‌ها نشان می‌دهد پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید) در سطح مولکولی به خوبی در بنتونیت، ژئولیت و پوست هنداونه و پوست خیار پراکنده شده است. همچنین موقعیت قله پراش در سوپر جاذب‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای با WSP و CSP متفاوت بود. الگوی پراش $p-WSP$ این نشان دهنده‌ی این است که هیدروژل ساختار بلوری ندارد. بخش‌ها پلیمر پلی آکریل آمید و پلی آکرلیک اسید که به سایت‌های ترکیبات برای تشکیل هیدروژل‌های نانوکامپوزیت پیوند داده شده‌اند، می‌توانند تحرک پذیری مولکول‌های این ترکیبات را محدود کنند و در توانایی آنها در تشکیل ساختار منظم اختلال ایجاد کنند؛ یعنی نظم حلقه‌های مولکولی از بین می‌رود. فقدان ساختار بلوری در هیدروژل‌ها در الگوی پراش پرتو ایکس در تحقیقات قبلی روی سنتز پیوند ماکروویو پیشرفته نشاسته‌ی سیب زمینی با آکریل آمید، مشاهده شد [۱۳]، که برای پلیمرهای بی‌شکل عمومیت دارد. در الگوی پراش پرتو ایکس سوپر جاذب‌های $P-Z$ ، قله‌های برجسته متناظر با فاصله‌ی صفحه قاعده‌ها در زاویه‌ی تقریباً 20° درجه واقع شده است، ولی در سوپر جاذب‌ها $P-B$ در زاویه‌ی 22° درجه است. این نشان دهنده‌ی وارد شدن پلی (آکریل آمید-آکرلیک اسید) داخل صفحات بنتونیت و ژئولیت در طی فرآیند پلیمراسیون است که باعث جابجایی بازتاب عمود بر صفحه قاعده به سمت زاویه‌های بزرگتر می‌شود، که به نوبه‌ی خود تاییدی بر تشکیل ترکیب است [۱۶].



شکل ۲- الگوی پراش پرتو ایکس $P-B$ ، $P-Z$ ، $P-CSP-B$ ، $P-WSP-B$ ، $P-WSP-CSP$

میکروگرافهای *FE-SEM* نانوکامپوزیت‌های *P-B*، *P-Z*، *P-CSP-B*، *P-WSP-B*، *P-WSP-CSP* نشان داده شده در شکل ۳ ساختار لایه‌ای را نمایش می‌دهند. تصاویر *FE-SEM* نمای سوپرچادب‌ها به جز *P-CSP* یک ساختار چند لایه با سطح زیر و متراکم را نشان می‌دهد در حالی که *P-CSP* ساختار شبکه‌ای متخلخل را دارا می‌باشد. از آنجایی که اندازه تخلخل مرتبط با میزان جذب آب است به همین دلیل نفوذ آب به شبکه پلیمری تقویت شده *P-CSP* راحت‌تر است.

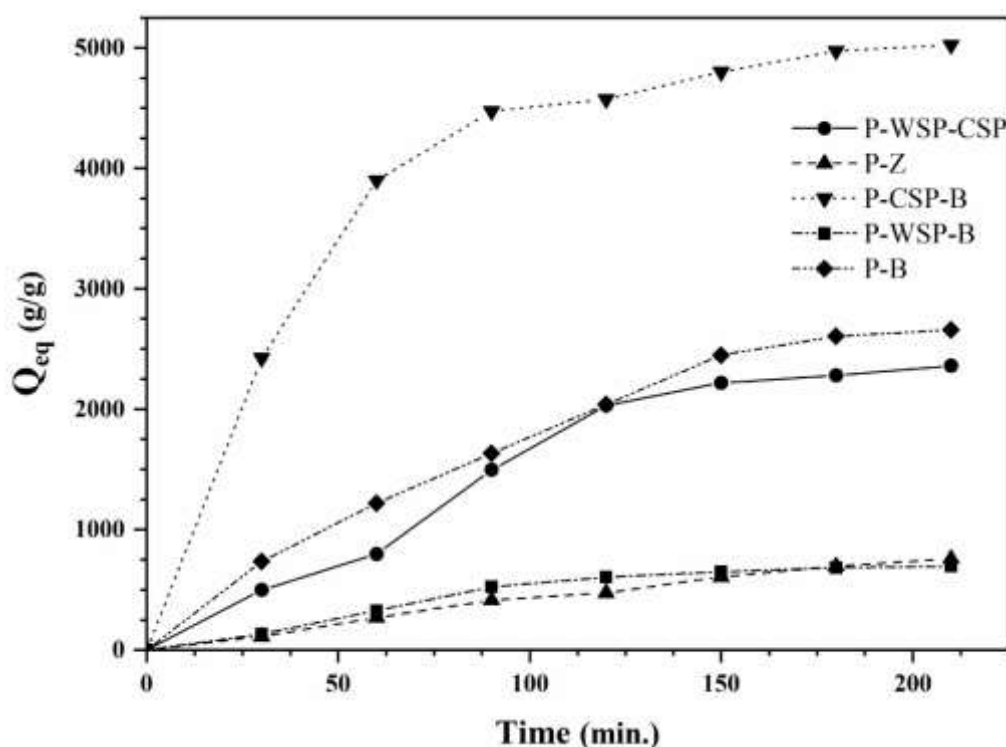


شکل ۳- تصاویر *FE-SEM* مربوط به *P-B*، *P-Z*، *P-CSP-B*، *P-WSP-B*، *P-WSP-CSP*، مقیاس طولی در تمام شکل‌ها $1 \mu\text{m}$ است.

۳-۳- بررسی فرایند جذب و واجذب آب

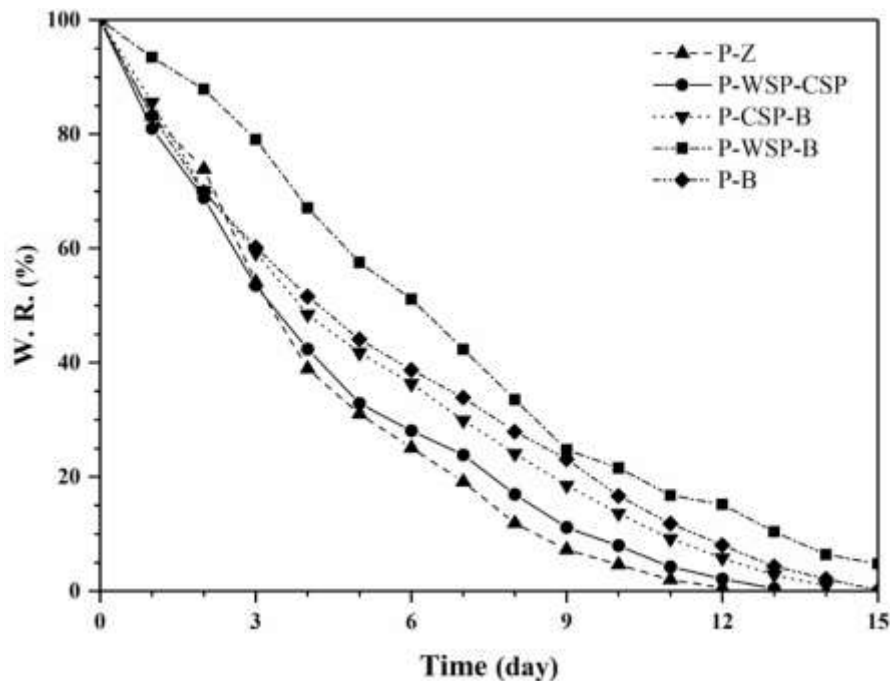
شکل ۴ نمودار سنتیک تورم هیدروژل های تولید شده در بازه زمانی ۲۱۰ دقیقه را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که تمام نانو کامپوزیت ها یک روند افزایش تورم تا مدت ۱۰۰ دقیقه غوطه وری در آب نشان می دهند و پس از آن افزایش زمان غوطه وری تأثیر چندان زیادی بر جذب آب سوپر جاذبها ندارد.

سوپر جاذب های بر پایه زئولیت و پودر پوست هندوانه میزان جذب پایینی را نشان می دهند اما سوپر جاذب های بر پایه بنتونیت و پودر پوست خیار میزان جذب بالایی دارند. جذب آب در سوپر جاذب *P-CSP-B* بسیار بیشتر از دیگر نمونه ها است. از آنجایی که جذب آب هم در سوپر جاذب بر پایه بنتونیت و هم سوپر جاذب بر پایه پودر پوست خیار بالاست در ترکیب بنتونیت و پودر پوست خیار نیز افزایش قابل توجهی را نشان می دهد. توانایی *P-CSP-B* برای جذب آب ناشی از گروه های عاملی آبدوست متصل شده به شبکه پلیمری *CSP* است در حالی که مقاومت *P-WSP-B* در برابر انحلال ناشی از پیوند عرضی میان زنجیرهای شبکه به علت حضور بنتونیت است [۱۵]. بیشترین میزان تورم 5025 ± 5 گرم بر گرم برای هیدروژل پلیمری حاوی *P-CSP-B* مشاهده شد که این مقدار از مقدارهای گزارش شده در مطالعات گذشته بیشتر است [۱۵ و ۱۷]. در نتیجه حضور بنتونیت می تواند تخلخل *P-CSP* را افزایش دهد که منجر به جذب آب بیشتر می گردد.



شکل ۴- نمودار جذب آب *P-WSP-CSP*، *P-Z*، *P-CSP-B*، *P-WSP-B* و *P-B*

در شکل ۵ نمودار واجذب آب توسط سوپرجاذب‌های نانوکامپوزیت ارائه شده است. زمان حفظ آب در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۱۲ تا ۱۵ روز بوده است که سوپر جاذب‌های *P-CSP-B* نرخ خشک شدن قابل قبولی را (۱۴ روز) در مقایسه با دیگر سوپر جاذب‌ها نشان داده‌اند. این امر ممکن است به دلیل افزایش تخلخل باشد که در میکروگراف *SEM* این نمونه‌ها مشاهده شده است. جذب سریع آب توسط سوپر جاذب‌ها در ابتدا و رسیدن به حداکثر مقدار جذب و همچنین واجذب تدریجی تا حالت تعادل اولیه به‌عنوان نتیجه‌ای از یک فرایند آبدوستی و آب‌گریزی این سوپر جاذب‌ها است.



شکل ۵- نمودار واجذب آب *P-B*، *P-WSP-B*، *P-CSP-B*، *P-Z*، *P-WSP-CSP* و *P-B*.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله ویژگی‌های ساختاری، ریخت‌شناسی، میزان جذب آب و ویژگی حفظ آب پنج پلیمر سوپر جاذب به نام‌های *P-WSP*، *CSP*، *P-WSP-B*، *P-CSP-B*، *P-Z*، *P-B* مورد بررسی قرار گرفت. این هیدروژل‌ها با استفاده پراکندگی *WSP*، *CSP*، بنتونیت و ژئولیت درون شبکه پلی (آکریل امید-آکرلیک اسید) در یک محیط آبی از طریق روش شیمیایی اتصال عرضی آماده شدند. الگوهای *XRD* نمونه‌ها یک قله برجسته پهن در زاویه تقریباً ۲۲ درجه رخ داده است که برای پلیمرهای آمورف معمولی است. گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار مختلفی در طیف *FTIR* مشخص شده است که تشکل کامپوزیت‌های سوپر جاذب را تایید می‌کند و این گروه‌های عاملی می‌تواند به توانایی هیدروژل‌ها برای جذب آب کمک کند. بررسی‌های *FE-SEM* نشان می‌دهد که پلیمرهای سوپر جاذب بر پایه *CSP* یک سطح متخلخل ارائه می‌دهد که می‌تواند میزان ظرفیت جذب آب و توانایی حفظ آب آن را بهبود بخشد. در حالی که مقاومت سوپر جاذب‌های مبتنی بر *WSP* به انحلال مربوط به سطوح زبر و متراکم مشاهده شده در تصاویر *FE-SEM* نسبت داده می‌شود. نتایج جذب در سوپر جاذب‌ها نشان داد که میزان جذب آب ۵۰۲۵ گرم بر گرم در *P-CSP-B*

بسیار بیشتر از سوپر جاذب *P-WSP-B* با میزان جذب ۷۰۰ گرم بر گرم بود. این نمونه‌ها نرخ خشک شدن کمتری در حدود ۱۵ روز را نشان می‌دهند. در این راستا گزینش رویکردهای جدید مدیریتی در کشور و بهره‌گیری صحیح از آنها می‌تواند به کمک کشاورزی کشور بشتابد. بی‌شک بهره‌گیری از ترکیبات سوپر جاذب یکی از انواع مدیریت‌های پیشنهادی جهت کاهش مصرف آب و یا افزایش راندمان آبیاری جهت مناطق خشک می‌باشد. با بهره گرفتن از سوپر جاذب‌ها به تنهایی یا در کنار سایر روش‌های نوین آبیاری، اگر به درستی پیاده شود و تداوم یابد، این توانایی را دارد که سرزمین‌های خشکی مانند ایران را از فجایع خشکسالی و زیست محیطی از یک سو، و از وابستگی شدید غذایی و بحران اشتغال از سوی دیگر، برهاند.

۵- مراجع

- [1] M. Ahmed Enas, Journal of advanced research. **6** (2015) 105.
- [2] A. Farkish, M. Fall., Minerals Engineering. **50** (2013) 38.
- [3] W.E. Hennink, N. Van, Adv. Drug Del. Rev. **54** (2002) 13.
- [4] L. Buchholz Fredric, A. T. Graham, Modern superabsorbent polymer technology. Wiley-VCH, New York, (1997) 1.
- [5] T. Ozbolat, Ibrahim, M. Hospodiuk., Biomaterials. **76** (2016) 321.
- [6] F. L. Buchholz, A. T. Graham, John Wiley & Sons, Inc, 605 Third Ave, New York, NY 10016, USA, (1998) 279.
- [7] T. Shimomura, T. Namba, Superabsorbent Polymers Science and Technology, ACS Symp. Ser. 573, Am. Chem. Soc., Washigton D.C., (1994) 112.
- [8] X. Sun, G. Zhang, Q. Shi, B. Tang, Z. J. Wu. J Appl Polym Sci. **86** (2002) 3212.
- [9] M.E. Karlsson, Leeman, C. Bjorck, M.E. Inger, A.C. Eliasson, Food Chemistry. **100** (2007) 136.
- [10] A.G.B. Pereira, A.T. Paulin, C.V. Nakamrur, E.A. Britta, A.F. Rubira, E.C. Muniz, Material Science Engineering C. **31** (2011) 443.
- [11] Sh. S. Bhattacharya, M. Alka, P. Dilipkumar, A. K. Ghosh, A. Ghosh, S. Banerjee, K. Kumar Sen., polymer-plastics technology and engineering. **51** (2012) 878.
- [13] G. Qiaoxia, Y. Wang, Y. Fan, X. Liu, Sh. Ren, Y. Wen, B. Shen, Carbohydrate polymers. **117** (2015) 247.
- [14] A. Pourjavadi, M. Zohuriaan, G.R. Mahdavinia, Polym. Adv. Technol. **15** (2004) 173.
- [15] G. Feng, B.-Zh. Li, H. Xia, B. Adhikari, Q. Gao, Carbohydrate polymers. **115** (2015) 605.
- [16] Bhattacharya, Shiv Sankar, Alka Mishra, Dilipkumar Pal, Ashoke Kumar Ghosh, Amitava Ghosh, Subham Banerjee, and Kalyan Kumar Sen. "Synthesis and characterization of poly (acrylic acid)/poly (vinyl alcohol)-xanthan gum interpenetrating network (IPN) superabsorbent polymeric composites. polymer-plastics technology and engineering 51, no. **9** (2012): 878.
- [17] A. Zahra, D. Masoomah, *J. Of Applied Chemistry*, **36** (1394) 29, in Persian.
- [18] V. L. Finkenstadt, J. L. Willett., Macromolecular chemistry and physics. **206** (2005) 1648.

-
- [19] A. sayyed hassan, L. mohammad nader, *J. Of Applied Chemistry*, **44** (1396) 187, in Persian
- [20] Cheng, Wei-Min, Xiang-Ming Hu, Yan-Yun Zhao, Ming-Yue Wu, Zun-Xiang Hu, and Xing-Teng Yu. "Preparation and swelling properties of poly (acrylic acid-co-acrylamide) composite hydrogels." *e-Polymers* 17, no. **1** (2017): 95.
- [21] Chen, Xiaoling, Zhixin Jia, Haigang Shi, Caihong Mao, Hongbing Gu, Yongmei Liu, and Yansheng Zhao. "Synthesis and characterization of hydroxyl poly (aspartic acid)/organic bentonite superabsorbent composite. *Iranian Polymer Journal* 25, no. **6** (2016): 539.

