



سال سوم، شماره ۱۰  
بهار ۱۳۹۱، صفحات ۳۲-۲۳

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

## تهیه و شناسایی هیدروژل آمفیفلیت آکریل آمید و سدیم آلزینات (I.P.N) و شناسایی خواص فیزیکی آن\*

شبنم باغی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

امیر سپهریان آذر

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

*Amir\_sepehrianazar@yahoo.com*

### چکیده

هیدروژل‌ها گروهی از شبکه‌های پلیمری هستند که زنجیره‌های آن با اتصالات عرضی به یک دیگر وصل شده و به دلیل خصوصیات یونی یا داشتن گروه عاملی در ساختار پلیمر، حفره‌هایی به وجود می‌آید که باعث می‌شود مقدار زیادی آب و محلول‌های آبی را در داخل خود جذب نموده و متورم شود. در این کار از دو نوع پلیمر آکریل آمید و سدیم آلزینات در حضور آغازگر آزوایزوبوتیرونیتریل و شبکه ساز N و N' بیس آکریل آمید و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت چهار ساعت هیدروژل‌هایی با مقدارهای متفاوت تهیه شد سپس ماکزیم تورم در هیدروژل I.P.N آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات به مقدار ۰/۰۰۹g به دست آمد با اضافه کردن NaCl و Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> در غلظت‌های ۰/۱g، ۰/۰۱g و ۰/۰۰۱g در pH=12 ماکزیم تورم برای هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۹g به دست آمد و در دماهای مختلف در pH=9 و pH=12 تورم هیدروژل‌های به نسبت (۰/۱۵، ۰/۰۰۹ - ۰/۱۵، ۰/۰۰۵ - ۰/۱۵AAm، ۰/۰۰۱ NaAlg) محاسبه شد و ماکزیم تورم در (۰/۱۵، ۰/۰۰۹) در pH=12 به دست آمد همچنین ساختمان این هیدروژل‌ها با دستگاه FT-IR شناسایی گردید و مقاومت حرارتی این هیدروژل‌ها با استفاده از دستگاه TGA بررسی شد.

**کلید واژه‌ها:** هیدروژل آمفیفلیت، شبکه پلیمری درهم پیچیده، تورم.

\*این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

## مقدمه:

هیدروژل‌ها شبکه‌هایی هستند که در آب متورم می‌شوند که از هموپلیمرها یا کوپلیمرهای آب دوست تشکیل شده‌اند. آن‌ها به خاطر حضور اتصالات عرضی شیمیایی کووالانسی یا یونی یا فیزیکی نامحلول نشان داده می‌شوند. هیدروژل‌ها می‌توانند ساختارهای درگیر کننده بلورها یا پیوندهای هیدروژنی باشند. اتصال عرضی یا متقاطع ساختار شبکه‌ای و یک پارچگی فیزیکی را فراهم می‌کند [۱].

در طول ۳۵ سال گذشته، هیدروژل‌های یونی یا خنثی بر اساس نوع یا گروه‌های آویزان آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. مقداری از آب در ساختار پلیمر از طریق برهم کنش‌های آب دوست جذب می‌شود، در حالی که بیشتر آن به شکل آزاد است. در یک ژل متورم، مقدار آب به ساختار شیمیایی زنجیره‌های پلیمر و چگالی اتصالات عرضی بستگی دارد. در ساختار ژل همچنین آرایش‌های حلقه و پیچ از زنجیره‌های پلیمری وجود دارد [۲].

هیدروژل‌ها به آمورف، نیمه بلوری، ساختارهای اتصال یافته با پیوند هیدروژنی ساختارهای ابرمولکولی<sup>۱</sup> و تجمعات هیدروکلونیدی<sup>۲</sup> طبقه بندی می‌شوند. هیدروژل‌ها ممکن است رفتار تورمی به محیط بیرونی نیز از خود نشان دهند. این پلیمرها هیدروژل‌های حساس فیزیولوژیکی<sup>۳</sup> هستند که در آن‌ها شبکه پلیمری در پاسخ به تغییرات محیط بیرونی می‌تواند دچار تورم یا حذف شوند. این هیدروژل‌ها تمایل به نشان دادن تورم قابل توجه در پاسخ به تغییرات بیرونی را دارند. برخی از فاکتورهایی که تورم هیدروژل‌های حساس فیزیولوژیکی را تحت تاثیر قرار می‌دهند شامل pH، نیروی یونی، دما، تابش الکترومغناطیسی می‌باشند [۳ و ۴].

یکی از ویژگی‌های مهم هیدروژل‌های سنتز شده این است که باید از استحکام کافی برخوردار باشند، تا پس از جذب آب ساختار خود را از دست نداده و لزج و جاری نشوند. برای افزایش استحکام هیدروژل‌ها باید به نوعی درصد

شبکه‌ای شدن زنجیره‌ها مهم است. مسلماً با افزایش غلظت عامل شبکه ساز می‌توان استحکام ژل‌ها را افزایش داد. افزایش شبکه‌ای شدن به دلیل کاهش فضاهای خالی میان زنجیره‌ها، باعث کاهش قدرت جذب آب هیدروژل می‌گردد. با این وجود، درجات بالاتر شبکه ساز، ژل‌های شکننده ایجاد می‌کند از این رو بایستی توجه کرد، کوپلیمر نیز جهت نیل به خواص مکانیکی مطلوب هیدروژل‌ها به کار رفته است. وارد شدن کومونومرهایی که در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت می‌کنند استحکام ژل‌ها را افزایش می‌دهد هیدروژل‌ها به خاطر کشسانی در برابر اعمال فشار شبیه لاستیک‌های طبیعی است [۳ و ۵].

هیدروژل‌ها قابلیت متورم شدن داشته و صدها برابر وزن خود آب جذب می‌کنند و لذا به آن‌ها ابر جاذب<sup>۴</sup> می‌گویند. توانایی آن‌ها در متورم شدن بستگی به pH، دما، قدرت یونی، نوع حلال و ساختار پلیمری دارد [۶].

هیدروژل‌ها کاربردهای زیادی دارند از جمله: در محصولات آرایشی بهداشتی، مواد نگهدارنده آب، نم گیر، منعقدکننده لجن، غلیظ کننده، در سامانه دارویی استفاده به عنوان لنز تماس در چشم پزشکی، به عنوان پلیمری که اساس کار ماهیچه‌های مصنوعی است، در دندانپزشکی، صنایع غذایی، تکنولوژی عکاسی، به عنوان مواد جاذب در پوشک بچه، استفاده در کشاورزی و باغبانی به منظور بهبود ظرفیت و حفظ و نگهداری آب و خاک و نیز استفاده بهینه از آن به عنوان ماده حاصل آب در ترکیبات ضد آتش و نیز بسیاری از سنسورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیبات بخش عمده‌ای از بازارهای جهان را به خاطر ارزش اقتصادی و نیز جذابیت فنی و تکنیکی به خود اختصاص داده‌اند [۵ و ۶]. از این هیدروژل‌ها نیز می‌توانیم در زیست مهندسی، زیست پزشکی و دامپزشکی به کار ببریم.

1.Suor Moulecular  
2.Hydrocolloid Aggregates  
3.Physiologicallx-Responsive Hydro Gels  
4.Supper Absorbent

## بخش تجربی

مواد شیمیایی که در این تحقیق جهت پلیمریزاسیون مورد استفاده قرار گرفتند عبارت بودند از مونومر آکریل آمید، مونومر سدیم آلزینات، مونومر N و N متیلن بیس آکریل آمید و آزوبیس ایزوبوتیرونیتریل ۹۹٪. آکریل آمید از کمپانی Aldrich خریداری شد و M.Wt=۷۱/۰۸ بدون خلوص سازی استفاده شد. پودر آلزینات سدیم با درجه خلوص ۹۹٪ شرکت مرک خریداری شد.

N و N بیس آکریل آمید با درجه خلوص ۹۹٪ از شرکت شیمیایی آلدریج (Aldrich) خریداری گردید و به عنوان شبکه ساز مورد استفاده قرار گرفت. آزوبیس ایزوبوتیرونیتریل (AIBN) از شرکت مرک خریداری شد و به عنوان آغازگر مورد استفاده قرار گرفت. این مواد دارای خلوص ۹۹٪ بوده و به صورت خریداری شده مورد استفاده قرار گرفتند.

تفاوت بین ساختار مونومرها و پلیمرها: لغت پلیمر از ریشه یونانی پلی و مر به ترتیب به معنی زیاد و قطعات گرفته شده است. بعضی دانشمندان ترجیح می دهند از لغت مولکول بزرگ به جای پلیمر استفاده کنند. مواد آغازکننده که پلیمرها از آن نشأت می گیرند مونومر نامیده می شوند.

## روش های تهیه هیدروژل ها

برای تهیه هیدروژل آکریل آمید و سدیم آلزینات ابتدا در ۰/۵ میلی لیتر آب مقطر حدود ۰/۰۰۱ گرم آزوبیس ایزوبوتیرونیتریل، ۰/۰۰۱ گرم N و N بیس آکریل آمید و ۰/۱۵ گرم آکریل آمید را خوب به هم زده سپس سدیم آلزینات را با مقدارهای متفاوت ۰/۰۰۱ الی ۰/۰۰۹ گرم به آن طور جداگانه اضافه می کنیم، بعد هر کدام را مخلوط می کنیم این مخلوط های متفاوت را در لوله های هم شکل و هم اندازه و هم قطر ریخته شدند و در حمام آب گرم ۷۵- ۷۰ درجه سانتی گراد برای چهار ساعت قرار گرفتند بعد از سنتز ژل ها از نی خارج شده و به قسمت های تقریباً مساوی و هم اندازه بریده شدند بعد از وزن کردن به مدت ۲۴ ساعت

در داخل آب مقطر قرار گرفتند. دوباره بعد از خارج کردن از آب مقطر وزن شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند بار دیگر وزن شده و این بار به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون ۶۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند بعد هیدروژل های خشک شده وزن شدند و میزان درصد تورم آن ها در محلول های با pH، دما و غلظت کلرید سدیم و سولفات سدیم مورد بررسی قرار گرفتند.

## متورم شدن هیدروژل ها

رابطه اساسی بین متورم شدن یک پلیمر در حلال و ماهیت پلیمر و حلال وجود دارد. متورم شدن (S%) هیدروژل ها در آب مقطر از رابطه زیر محاسبه می شود [۵].  
معادله شماره (۱):

$$S\% = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

که m جرم ژل متورم در زمان t است.  $m_0$  جرم ژل خشک در زمان صفر است. مقدار جذب آب هیدروژل هایی که در ابتدا خشک هستند به مدت یک دوره ای از زمان دنبال می شود تا اینکه حداکثر تورم حاصل گردد.

## روش تهیه pH های ۵ و ۳ اسیدی

بر روی آب مقطر با افزودن چند قطره HCl با درصد وزنی (۰/۳۸ و ۰/۳۷) و با استفاده از دستگاه pH متر ۳ و ۵ (حالت اسیدی) تهیه شد.

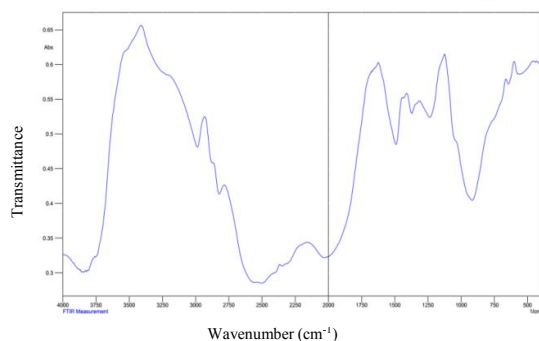
اسید کلریدریک به صورت زیر یونیزه می شود.



## روش تهیه pH ۷

در pH=۷ محیط خنثی می باشد و در محیط آب وجود دارد که به صورت زیر یونیزه می شود.

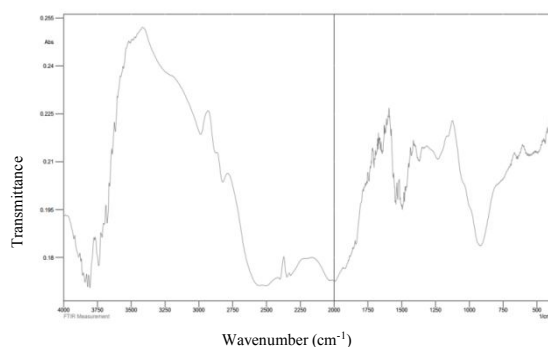




شکل (۱-۱) بررسی طیف (FT-IR) هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۹ گرم

همان‌طور که از شکل پیداست در ناحیه ۳۷۵۰ گروه عاملی  $\text{NH}_2$  کششی مربوط به هیدروژل آکریل آمید و سدیم آلزینات دیده می‌شود. در ناحیه ۲۹۵۰ تا ۳۰۰۰  $\text{CH}_2$  های کششی که مربوط به هر دو پلیمر است دیده می‌شود. در ناحیه ۲۸۰۰  $\text{CH}$ ، در ناحیه ۱۶۵۰ تا ۱۷۵۰ گروه کربونیل کششی، در ناحیه ۱۵۰۰  $\text{C-O}$  کششی و در ناحیه ۹۵۰  $\text{OH}$  پیوندی دیده می‌شود.

- بررسی طیف FT-IR هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۱ گرم:



شکل (۱-۲) بررسی طیف FT-IR هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۱ گرم

با توجه به طیف، شکل (۱-۲) هیچ تفاوتی با شکل (۱-۱) ندارد، تنها تفاوت شدت پیک در  $\text{OH}$  بانندی یا  $\text{OH}$  پیوندی که در ناحیه  $950\text{ cm}^{-1}$  دیده می‌شود و علت آن تغییر غلظت سدیم آلزینات موجود در ترکیب می‌باشد.

## روش تهیه pH های بازی ۹ و ۱۲

بر روی آب مقطر با افزودن NaOH با درصد وزنی (۹۸/۰-۱۰۰/۵) و با استفاده از دستگاه pH متر حالت بازی ۹ و ۱۲ تهیه شد. وقتی هیدروژل در محیط بازی قرار می‌گیرد NaOH به صورت زیر یونیزه می‌شود.



با افزایش pH رفتار توری این هیدروژل نیز افزایش می‌یابد.

## دستگاه‌های مورد استفاده

### FT-IR:

کوهیدروژل‌های آمفیفیلیت سنتز شده برای شناسایی ساختاری ابتدا توسط دستگاه FT-IR اسپکترومتر مدل بروکر استفاده شد.

روش کار: با استفاده از قرص KBr، ۰/۰۱ g از ماده را با ۰/۰۹ g از KBr مخلوط نمودیم. سپس با استفاده از دستگاه قرص ساز، قرص‌های شفاف از کوهیدروژل‌ها با مقدارهای ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۹ تهیه شد و Back ground از قرص KBr گرفته شد در این کار از scan32 و شفافیت  $4\text{ cm}^{-1}$  استفاده شد.

### T.G.A

برای بررسی حالت مقاومت حرارتی مابین کوهیدروژل‌های تهیه شده از دستگاه T.G.A استفاده شد.

روش کار: نمونه‌های جامد به شکل پودر به اندازه ۳۰ mg در مقابل جریان نیتروژن که سرعت جریان نیتروژن ml/min ۲۰ تنظیم شد و دامنه دمایی از ۲۵ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. سرعت افزایش دما تا  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  و کاهش وزن پلیمر توسط ترموگراویمتر (T.G.A) ثبت گردید.

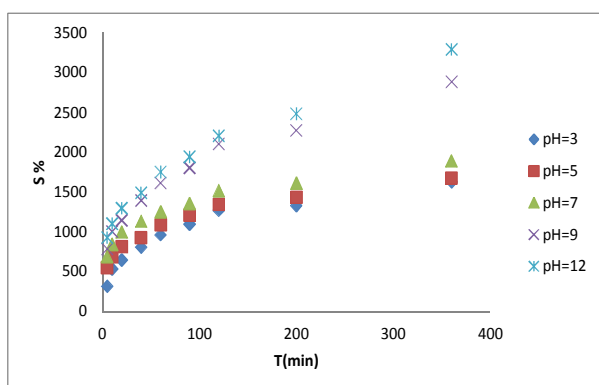
## بحث و نتیجه‌گیری

### بررسی طیف (FT-IR) هیدروژل آکریل آمید

- بررسی طیف (FT-IR) هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۹ گرم:

تورم بیشتر و بیشتر می‌شود اما در  $\text{pH}=3$  به علت اینکه گروه آمیدی  $\text{COONH}_2$  تبدیل به  $\text{COONH}_3^+$  می‌شود. در نتیجه نوع پیوند الکترواستاتیک ما بین هیدروژل آکریل آمید و سدیم آلزینات به وجود می‌آید بار یونی تغییر می‌کند و افزوده می‌گردد شدت کمپلکس مابین سدیم آلزینات و پلی آکریل آمید بیشتر می‌شود در نتیجه تورم کمتر می‌گردد یعنی حدود ۸۰۰ درصد، اما در  $\text{pH}$ های ۵ و ۷ نیز به علت اینکه گروه آمیدی موجود در پلی آکریل آمید به  $\text{NH}_3^+$  تبدیل می‌گردد در نتیجه دو عامل بار یونی موجود در هیدروژل یعنی وجود نیروی الکترواستاتیک و دیگری پیوند هیدروژنی موجود بین پلی آکریل آمید و سدیم آلزینات بیشتر شده در نتیجه تورم کمتر می‌شود [۷ و ۵].

- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۹g در  $\text{pH}$ های مختلف:



شکل (۲-۲): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۹g در  $\text{pH}$ های مختلف

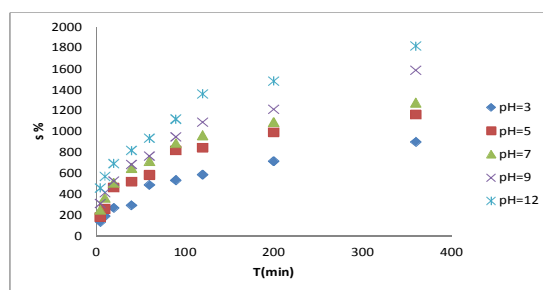
هم چنین در این شکل که رفتار تورم آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۹g را نشان می‌دهد، مقدار سدیم آلزینات که یک پلیمر طبیعی است در محیط بیشتر شده در نتیجه تورم بالاتر و بیشتر می‌شود. دلیل این امر را می‌توان چنین گفت که سدیم آلزینات دارای گروه عاملی آب دوست زیادی می‌باشد، در نتیجه در افزایش تورم نقش بسزایی دارد [۷ و ۵].

### بررسی خاصیت تورم هیدروژل‌های آکریل آمید و سدیم آلزینات در $\text{pH}$ های مختلف:

در این مقاله از یک پلیمر سنتزی به نام آکریل آمید و یک پلیمر طبیعی بنام سدیم آلزینات که هر دو قابل حل در آب هستند استفاده شد یعنی هیدروژل‌های پلی آکریل آمید/سدیم آلزینات با مقادیر ذکر شده تهیه گردید. اولین راه شناخت فیزیکی بررسی تورم این هیدروژل‌ها در  $\text{pH}$ های مختلف بود.

مکانیسم تشکیل پلیمر: پلیمرها ترکیباتی هستند که به وسیله پیوند شیمیایی گروه‌های زیادی از واحدهای یکسان یا انواع مختلف تشکیل شده‌اند و زنجیره‌های بلند و وزن مولکولی زیادی دارند واحدهایی که در سراسر زنجیر پلیمر تکرار شده‌اند و ترکیب شیمیایی پلیمر را مشخص می‌کنند به عنوان واحدهای تکراری خوانده می‌شوند.

- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۱g در  $\text{pH}$ های مختلف:

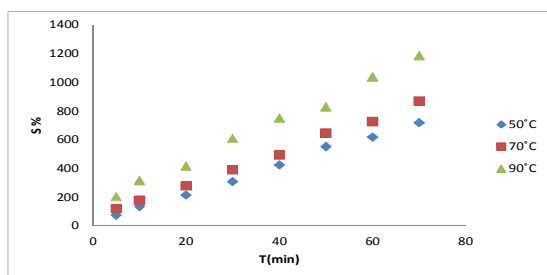


شکل (۲-۱): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۱g در  $\text{pH}$ های مختلف

با توجه به این شکل که بررسی تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلزینات با مقدار ۰/۰۰۱g در  $\text{pH}$ های مختلف مورد بررسی قرار گرفت ماگزیمم تورم ارتباط به  $\text{pH}=12$  دارد یعنی در حدود ۲۰۰۰ درصد، دلیل این امر می‌تواند این باشد که در  $\text{pH}=12$  گروه‌های آمید  $\text{COONH}_2$  آکریل آمید به حال خود باقی‌مانده و ارتباط کمپلکس ترکیبی مابین گروه‌های عاملی سدیم آلزینات و گروه آکریل آمید ضعیف‌تر شده پیوند هیدروژنی از بین رفته

پیوند هیدروژنی و کمپلکس‌های درون مولکولی و برون مولکولی ما بین سه مولکول تورم کاهش می‌یابد [۸ و ۴].

- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۱g در pH=12 و دماهای مختلف:



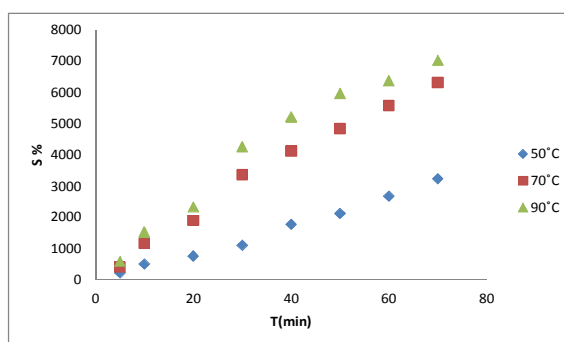
شکل (۲-۳): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۱g در pH=12 و دماهای مختلف

با توجه به شکل باز با ثابت نگه داشتن پلی آکریل آمید و تغییر دادن غلظت سدیم آلژینات در حدود ۰/۰۰۱ گرم در pH=12 در دماهای (۵۰،۷۰،۹۰) درجه سانتی‌گراد رفتار تورمی این هیدروژل بررسی شد. همچنین نیز که در شکل-۳-۱ های قبل نیز دیدیم در ۹۰ درجه سانتی‌گراد تورم از همه بیشتر و در ۵۰ درجه سانتی‌گراد از همه کمتر است، دلیل این امر را می‌توان چنین توجیه کرد که دماهای بالا باعث سست شدن و یا ضعیف شدن و حتی از بین رفتن پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب، پلیمر آکریل آمید و پلیمر سدیم آلژینات نسبت داد. اما در دماهای پایین مانند ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد پیوند هیدروژنی و کمپلکس درون مولکولی و برون مولکولی ما بین مولکول آب، پلیمر آکریل آمید و سدیم آلژینات باعث سفت و محکم شدن ترکیب شده و از پذیرش آب در مقدار زیادتر به درون ترکیب هیدروژل ممانعت می‌کند اما در اینجا نیز به علت اینکه غلظت سدیم آلژینات از ۰/۰۰۵ به ۰/۰۰۱ کاهش یافته است در نتیجه تورم کلی در pH=12 یعنی در سه دمای (۵۰،۷۰،۹۰) درجه سانتی‌گراد نسبت به حالت‌های قبل یعنی غلظت ۰/۰۰۹ گرم سدیم آلژینات و ۰/۰۰۵ گرم سدیم

تا اینجا رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید و سدیم آلژینات در pHهای مختلف و مقدار غلظت موجود یک پلیمر طبیعی مانند سدیم آلژینات در غلظت‌های متفاوت ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۹ با ثابت نگه داشتن غلظت پلی آکریل آمید در محیط بررسی شد. به این نتیجه رسیدیم که با وجود پلیمر طبیعی می‌توان شدت تورم را افزایش داد و با تغییر دادن pH نیز تورم تغییر خواهد کرد.

### بررسی خاصیت تورم هیدروژل آکریل آمید و سدیم آلژینات در دماهای مختلف:

- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹g در pH=12 و دماهای مختلف:

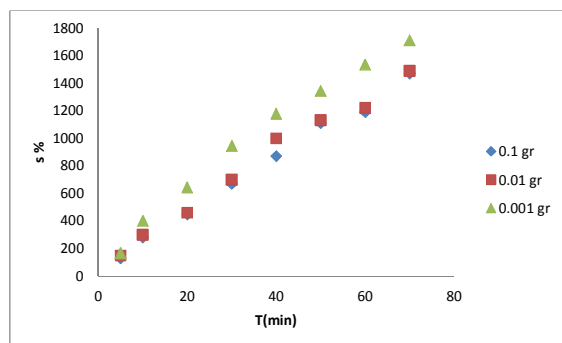


شکل (۱-۳): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹g در pH=12 و دماهای مختلف

با توجه به شکل میزان تورم هیدروژل پلی آکریل آمید و سدیم آلژینات در pH=12 و مقدار غلظت ۰/۰۰۹ گرم سدیم آلژینات با فرض ثابت نگه داشتن غلظت آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم در دماهای مختلف (۵۰،۷۰،۹۰) درجه سانتی‌گراد مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. اما هم چنان که مشاهده می‌شود در دماهای بالاتر یعنی ۹۰ درجه سانتی‌گراد تورم بیشتر و در ۵۰ درجه سانتی‌گراد تورم کمتر است. با توجه به دلایل ذکر شده در شکل‌های قبل دماهای بالا باعث شکسته شدن یا سست شدن پیوندهای هیدروژنی ما بین مولکول آب، پلی آکریل آمید و پلیمر سدیم آلژینات شده تورم افزایش می‌یابد. در دماهای پایین به علت وجود

مهم است. اگر غلظت مونومر زیاد باشد تبدیل شاخه‌ها به پلیمر اتفاق می‌افتد که منجر به شاخه‌ای شدن اتصالات عرضی می‌گردد و خواص پلیمر را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. فاکتور مهم دیگر در تهیه پلیمرهای هیدروژلی اثر pH است که می‌تواند در روی رفتارهای تورمی تأثیر بسزایی داشته باشد به خاطر همین امر در قسمت اول انجام آزمایشاتمان اثر pH این پارامتر مهم در روی هیدروژل تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت. آخرین امر در مورد تحقیق و بررسی روی رفتار تورمی هیدروژل‌ها بررسی اثر قدرت یونی محیط است بدین منظور درصد تورم هیدروژل‌های پلی آکریل آمید و پلیمر طبیعی سدیم آلژینات را در غلظت‌های متفاوت از نمک‌ها مورد بررسی و تحقیق قرار دادیم.

- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹g در pH=12 و غلظت‌های متفاوت NaCl:



شکل (۱-۴): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹g در pH=12 و غلظت‌های متفاوت NaCl

مطابق شکل قابلیت جذب توسط هیدروژل پلیمر آکریل آمید و سدیم آلژینات در pH=12 و با غلظت مشخص و ثابت پلی آکریل آمید ۰/۱۵ گرم و با غلظت متغیر ۰/۰۰۹ سدیم آلژینات در pH=12 و غلظت‌های متفاوت NaCl (۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۱) گرم مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت هر چه غلظت NaCl افزایش یابد تورم هیدروژل‌ها کاهش می‌یابد. دلیل این امر افزایش نیروی یونی محیط در اثر ورود

آلژینات با توجه به دلایل گفته شده در گرافیک‌های قبل پایین می‌باشد [۸ و ۴].

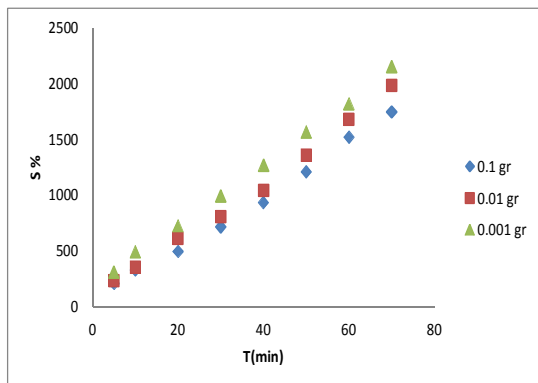
با توجه به این که رفتارهای این ترکیب هیدروژلی به طور دقیق در pHهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به دلایل گفته شده در pH=12 تورم از همه بیشتر و در pH=3 تورم از همه کمتر است. در گام دوم رفتار تورمی این هیدروژل‌ها را در دماهای مختلف در دو pH ۹ و ۱۲ مورد بررسی قرار دادیم از آن جا که می‌دانیم در چهار دمای ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۲۵ درجه سانتی‌گراد با توجه به دلایل گفته شده تورم در ۹۰ درجه سانتی‌گراد از همه بیشتر بود. در گام بعدی تأثیر شدت یون در انواع مختلف یون‌ها و غلظت یون‌ها مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت که در گرافیک‌های بعدی آن‌ها را به وضوح مشاهده می‌کنید و دلایل علمی افزایش یا کاهش تورم را مورد بررسی و تحقیق قرار خواهیم داد.

### بررسی خاصیت تورم هیدروژل‌های آکریل آمید و سدیم آلژینات در شدت یون‌های مختلف:

رفتاری که هیدروژل‌ها به ظرفیت تورم کردن (مقدار جذب آب) به وسیله‌ی پلیمر خشک و استحکام یا سفتی ژل تورم کرده بستگی دارد. این دو خاصیت با توجه به دانسیته‌ی اتصال دهنده عرضی می‌تواند در حین ساخت پلیمر تغییر کند. وقتی که دانسیته‌ی اتصال دهنده عرضی کم می‌شود تورم افزایش می‌یابد اما سختی یا استحکام ژل کاهش می‌یابد. کیفیت نهایی پلیمر بستگی به موازنه‌ی بین دو خاصیت دارد، بنابراین میزان اتصال دهنده عرضی در مقدار جذب آب نقش بسزایی دارد. اثر گذاری اتصال دهنده‌های عرضی ممکن است تحت تأثیر غلظت مونومر قرار گیرد طوری که حلالیت اتصال دهنده عرضی اغلب با افزایش محتویات آلی غلظت مونومر افزایش می‌یابد. در غلظت بالای مونومر و دمای بالای پلیمریزاسیون آکریل آمید ممکن است اصلاً آن قدر قوی در درون خودش ایجاد شبکه‌های عرضی کرده و دیگر حتی قدرت تورم نداشته باشد بنابراین کنترل دما بسیار



- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹g در pH=12 و غلظت‌های متفاوت  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :

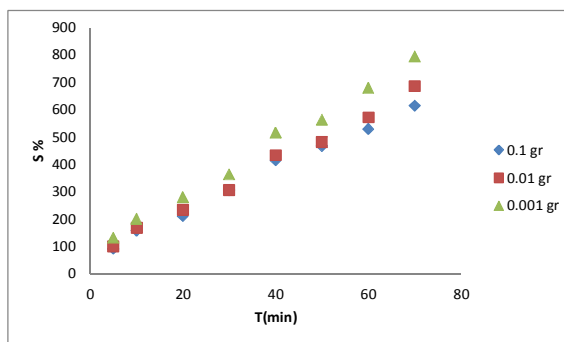


شکل (۱-۵): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹g در pH=12 و غلظت‌های متفاوت  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

با توجه به این که در بررسی رفتار تورم هیدروژل، سه پارامتر اساسی اثر pH و اثر دما و اثر شدت یون را بررسی کردیم حال در بررسی شدت یون می‌خواهیم از گونه‌ی دیگری نمک که تعداد یون‌های آن با حالت قبل فرق می‌کند، مانند  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  استفاده کنیم. با توجه به شکل (۱-۵) می‌خواهیم اثر نمک  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  را در سه غلظت (۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱) گرم و با فرض ثابت نگه داشتن غلظت آکریل آمید یعنی ۰/۱۵ گرم و با تغییر دادن غلظت پلیمر طبیعی یعنی سدیم آلژینات ابتدا با مقدار ۰/۰۰۹ گرم را بررسی کنیم. با توجه به شکل (۱-۵) می‌توان به این نتیجه رسید که در سه غلظت مختلف تقریباً رفتار تورمی هیدروژل یکسان است اما با توجه به مباحثی که قبلاً نیز در مورد  $\text{NaCl}$  ذکر شد تورم کمی در غلظت ۰/۰۰۱ بیشتر از ۰/۰۱ و آن هم بیش‌تر از ۰/۱ می‌باشد. دلیل این امر را به وجود اثر دافعه‌ی یونی وجود بیشتر فشار اسمزی می‌توان نسبت داد [۷ و ۱۰].

نمک به محلول و کاهش اختلاط پتانسیل شیمیایی و در نتیجه کاهش فشار اسمزی بین فاز ژلی و فاز آبی می‌باشد که باعث چروکیده شدن ژل و کاهش میزان جذب آب می‌گردد. در نتیجه با توجه به شکل بیش‌ترین مقدار تورم در غلظت ۰/۰۰۱ گرم  $\text{NaCl}$  بوده و کم‌ترین مقدار تورم در غلظت کمتر یعنی ۰/۱ گرم می‌باشد [۹].

- بررسی رفتار تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۱g در pH=12 و غلظت‌های متفاوت  $\text{NaCl}$ :



شکل (۲-۴): میزان تورم هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵g و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۱g در pH=12 و غلظت‌های متفاوت  $\text{NaCl}$

با توجه به شکل رفتار تورمی هیدروژل پلی آکریل آمید به مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات به مقدار ۰/۰۰۱ گرم در pH=12 و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در غلظت‌های مختلف -  $\text{NaCl}$  یعنی (۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱) گرم مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که دیده می‌شود ماگزیمم تورم در غلظت ۰/۰۰۱ گرم نمک بوده و کم‌ترین مقدار تورم در غلظت بیشتر نمک بوده یعنی در حدود ۰/۱ گرم، دلیل این امر را می‌توان به پدیده‌ی ایجاد بار بر روی هیدروژل و پتانسیل شیمیایی و فشار اسمزی ما بین پلیمر هیدروژلی و آب نسبت داد که به وضوح در گرافیک قبل دلایل تورم و عدم تورم این هیدروژل‌ها در غلظت‌های متفاوت  $\text{NaCl}$  توضیح داده شد [۹].



همان‌طور که از شکل پیداست در ۱۷۸ درجه سانتی‌گراد تخریب هیدروژلی آغاز می‌گردد و تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد ادامه پیدا می‌کند و تخریب بعدی از ۲۷۵ درجه سانتی‌گراد آغاز تمام ماده از بین رفته به کربن سیاه تبدیل می‌شود.

### نتیجه گیری

۱- هیدروژل‌های آمفی‌فیلیت آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات با مقدارهای متفاوت از ۰/۰۱ الی ۰/۰۰۹ گرم در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و با استفاده از AIBN و N,N,N',N'-تتیس آکریل آمید تهیه شد.

۲- رفتار تورمی این هیدروژل‌ها در pHهای ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۲ به دقت بررسی شد و مشاهده شد که در pHهای بازی تورم هیدروژل‌ها افزایش می‌یافت و ماگزیم تورم در pH=12 با مقدار ۰/۰۰۹ گرم سدیم آلژینات به مقدار ۳۲۸۴/۶ به دست آمد.

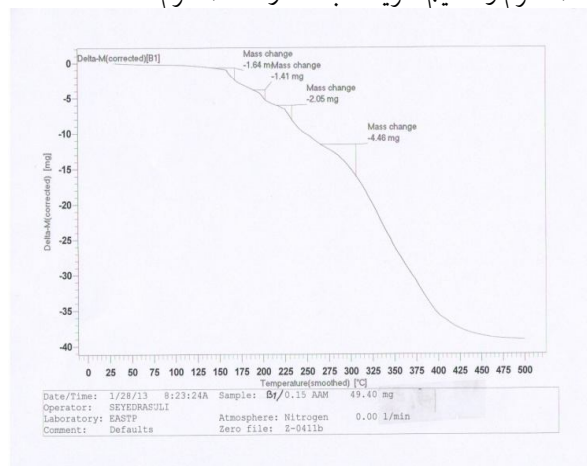
۳- رفتار تورم این هیدروژل‌ها در دماهای ۵۰، ۹۰، ۷۰ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. هر چه دما بیشتر می‌شد تورم افزایش می‌یافت. پس در دمای ۹۰ درجه در pH=12 برای مقدار آکریل آمید ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات ۰/۰۰۹ گرم ماگزیم تورم به دست آمد.

۴- رفتار تورمی این هیدروژل‌ها در شدت یون‌های مختلف که از نمک NaCl و Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> استفاده شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. در غلظت‌های مختلف (۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۱) گرم NaCl تورم در pH=12 بررسی شد و ماگزیم تورم در ۰/۰۰۱ گرم به دست آمد. هم‌چنین در غلظت‌های (۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۱) گرم Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> تورم هیدروژل‌ها بررسی شد و ماگزیم تورم در pH=12 در ۰/۰۰۱ گرم به دست آمد.

۵- ساختار هیدروژل‌های تهیه شده با FT-IR بررسی شد و مقاومت حرارتی این هیدروژل‌ها با استفاده از دستگاه T.G.A به دست آمد و هر چه مقدار سدیم آلژینات کم می‌شود مقاومت حرارتی بیش‌تر است و دلیل آن به ایجاد

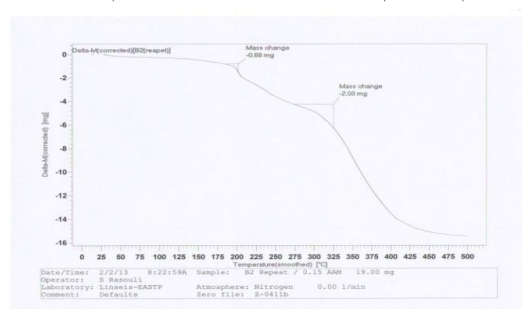
### بررسی ترموگرام (TGA) هیدروژل‌های آکریل آمید و سدیم آلژینات:

- بررسی ترموگرام TGA هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹ گرم:



شکل (۱-۶): ترموگرام TGA هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۹ گرم همان‌طور که از شکل پیداست در حدود ۱۷۴ درجه سانتی‌گراد تخریب ترکیب هیدروژلی آغاز می‌گردد و تا ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد ادامه پیدا می‌کند و قدم دوم تخریب از ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود تا ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد ادامه می‌یابد. قدم سوم تخریب از ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد شروع شده و تا ۲۷۳ درجه سانتی‌گراد ادامه می‌یابد. تخریب بعدی از ۲۷۳ درجه سانتی‌گراد آغاز تمام ماده از بین رفته و به کربن سیاه تبدیل می‌شود.

- بررسی ترموگرام TGA هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۱ گرم:



شکل (۲-۶): ترموگرام TGA هیدروژل آکریل آمید با مقدار ۰/۱۵ گرم و سدیم آلژینات با مقدار ۰/۰۰۱ گرم

کمپلکس قوی در مقدار ۰/۱۵ گرم آکریل آمید و ۰/۰۰۱ گرم سدیم آلژینات می‌توان نسبت داد.

### منابع:

- 1-Peppas, N. M., Franson, 1983, The swelling interface number as a criterion for prediction of diffusional release mechanisms in swellable polymers, J. Polym. Sci., pHys. Ed., 21 pp983-997
- 2-Park, T. G., Hoffman, A. S., 1992, Synthesis and characterization of pH and temperature – sensitive hydrogels jappl. Polym. Sci., 46, 659-670
- 3-Peppas, N. A., Bures, P., Leobandung, W. 2000, and Ichikawa, Pharmaceutical form ulotions, European Journal of Pharmaceutics, vol. 50. PP. 27-46
- 4-Yu-yang liu, Xiao-Dong Fan, Bo-rong Wei, Qing-Fa Si, Wei-Xing Chen, Le Sun., 2005, pH-responsive amphiphilic hydrogel networks With IPN structure: A strategy for controlled drug release. International Journal of pH armaceutics 308, 205-206
- 5-Wichterle, O., Lim, D., 1960, Hydrophilic gels for biological use, Nature, 185, 117-118
- 6-Seon Jeong Kim, Han II. Kim, Sang Jun Park, Sun I. Kim 2003, Shape change characteristics of polymer hydrogel based on polyacrylic acid / poly(viny 1 sulfonic acid) in electric fields sensors and actuats A 115146-150.
- 7-S. Rimmer., P. Tattersall, J.R. Ebdon, N.Fullwood. 1998, New Stragies for the synthesis of amphiphilic networks. Reactive Functional Polymer 41 (1999) 177-184.
- 8-Mark,R., 2010, Radical Chemistry, chemogenesis.
- 9-Dilek Şolpan, Murun . , Investigation of complex formation between (sodium alginate/acrylamide ) semi – interpenetrating polymer networks and lead, cadmium, nickel ions . Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspccs 268(2005) 12-18
- 10 -Ververs, L. M., 1999, Determination of acrylamide monomer in polyacrylamide degradation studies by high – performance liquid chromate graphy, Journal of chromate graphic scince, Vol. 37, PP.487-492