



## سنتز و شناسایی هیدروژل پلی آکریل آمید و مطالعه تاثیر عوامل محیطی در میزان تورم آن

فرانک رحیم زاده

اهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، دانشکده شیمی و مهندسی شیمی - کدپستی: ۵۴۵۱۶

مهدی احمدی سابق \*

اهر، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، دانشکده شیمی و مهندسی شیمی، گروه شیمی کاربردی

بهبود جعفری

تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم تخصصی دامپزشکی

\*mahmadis88@yahoo.com

### ۱. چکیده:

هیدروژل‌های پلی آکریل آمید از طریق فرآیند پلیمر شدن محلول (solution polymerization) تولید شدند که این واکنش پلیمریزاسیون، از نوع رادیکالی و بشدت گرمازا میباشد. در این واکنش از آزوایزو بوتیرونیتریل (AIBN) به عنوان آغازگر واکنش پلیمریزاسیون و از متیلن بیس آکریل آمید (MBAAm) به عنوان عامل شبکه ساز استفاده گردید. میزان تورم هیدروژل‌های پلی آکریل آمید از طریق گراویمتری اندازه گیری شد. همچنین خواص تورمی هیدروژل (PAAm) را در محلول‌های کاتیونهای فلزی  $\text{Cu(II)}$ ،  $\text{Ni(II)}$ ،  $\text{Fe(II)}$  با غلظت‌های (۱۰۰ ppm, ۲۵۰ ppm, ۵۰۰ ppm, ۱۰۰۰ ppm) مورد بررسی قرار دادیم. همچنین در ۳ مقادیر متفاوت (در محدوده ۰/۰۰۱g, ۰/۲g, ۰/۱g) با استفاده از عامل شبکه ساز متیلن بیس آکریل آمید هیدروژل‌های پلی آکریل آمید را سنتز کرده و سپس هیدروژل‌های سنتز شده را جداگانه در مقدار اضافی آب مقطر قرار داده و از طریق گراویمتری خواص تورمی هیدروژل‌های تولید شده را بررسی قرار کردیم. در پایان مشاهده گردید که هر ۳ کمپلکس تشکیل شده (هیدروژل پلی آکریل آمید + Cu) و (هیدروژل پلی آکریل آمید + Ni) و (هیدروژل پلی آکریل آمید + Fe) در محیط‌های قلیایی (pH=12) بیشترین درصد تورم را داشتند. با افزایش غلظت کاتیونهای فلزی در محلولها درصد تورم هیدروژل‌های پلی آکریل آمید کاهش پیدا کرد، همچنین با افزایش مقدار عامل شبکه ساز (MBAAm) در سنتز هیدروژل‌های پلی آکریل آمید درصد تورم این هیدروژل‌ها کاهش یافت و بلاخره تغییر در pH محیط (اسیدی، خنثی و بازی) تاثیری در میزان تورم هیدروژل‌های پلی آکریل آمید نداشت..

کلید واژه: هیدروژل، پلی آکریل آمید، کمپلکس

## ۲. مقدمه:

در دنیا ساختار آکریلی آنیونی دارند. خواص خوب این هیدروژلها بویژه از نظر میزان جذب، سرعت جذب، قوام و استحکام مکانیکی ژل متورم و ارزان بودن مونومرهای آکریلی، سبب جذابیت و گسترش این خانواده از سوپر جاذبها شده است. [3,4,5,6,7,8]

هیدروژل، شبکه پلیمری بشدت آبدوستی است که در آب بشدت متورم می شود، اما به دلیل وجود پیوندهای عرضی، حل نمی شود. بنابراین، هیدروژل، پلیمری با اتصالات عرضی است (ژل) که گروههای عاملی آبدوست (مانند  $\text{COONa}$ ،  $\text{SO}_3\text{H}$ ،  $\text{COOH}$ ،  $\text{NH}_2$ ،  $\text{OH}$  و ... نیز دارد.

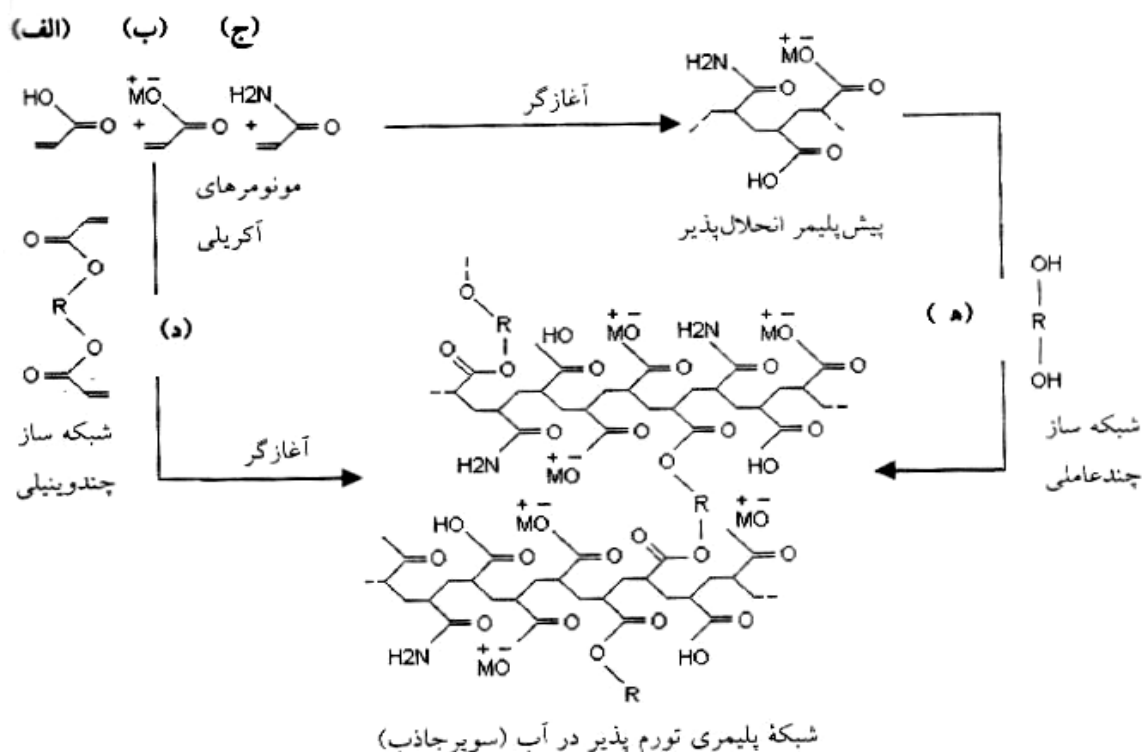
رایج ترین مونومرهایی که در ساخت این هیدروژلهای سوپر جاذب استفاده می شوند، مونومرهای آبدوست آکریلی بویژه آکریلیک اسید، نمک های سدیم و پتاسیم آن و آکریلامید است

در شکل زیر دو مسیر مرسوم برای تهیه هیدروژلهای آکریلی متداول نشان داده شده است.

نخستین گزارش از ماده ای با قابلیت جذب آب به سال ۱۹۳۸ برمی گردد. در آن زمان، کرن ایجاد یک شبکه پلیمری تورم پذیر در آب را بر اثر کوپلیمر شدن آکریلیک اسید و کومونومرهای دی وینیلی گزارش کرده است. بعد ها شرکت های آمریکایی دیگر مانند هرکیولس، داو و شرکت بایر آلمان در دهه های ۵۰ و ۶۰، این مواد را بهبود بخشیدند [1,2]. در این سالها، پلی (۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات) نخستین هیدروژل سنتزی بود که زیست سازگاری آن گزارش شد. این ماده بعد ها در عدسیهای روچشمی کاربرد یافت.

از نظر تاریخی، اولین هیدروژل سوپر جاذبی که تجاری شد (دهه ۱۹۷۰)، محصول آبکافت قلیایی کوپلیمر پیوندی نشاسته- پلی اکریلونیتریل، با نام مخفف H-SPAN بود [2]. این هیدروژل سوپر جاذب پایه طبیعی که به وسیله متخصصان وزارت کشاورزی آمریکا ابداع شد و توسعه یافت، قادر بود تا  $5000 \text{ g/g}$  آب را جذب کند

هیدروژلهای آکریلی در میان انواع گوناگون سوپر جاذبها بیشترین اهمیت را دارند و تقریباً تمام تولیدات صنعتی این مواد

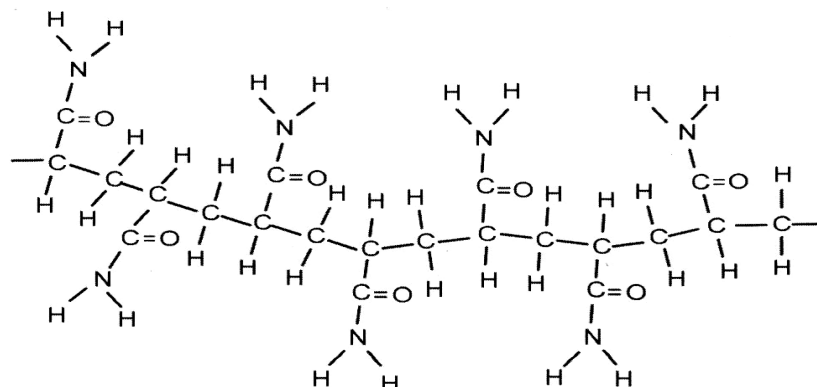


شکل ۱-۱ طراحی سنتز پلیمر سوپر جاذب آکریلی: الف- آکریلیک اسید؛ ب- نمک سدیم یا پتاسیم آکریلیک اسید؛ ج- آکریلامید؛  
 د- مسیر واکنش پلیمر شدن و شبکه های شدن همزمان به وسیله شبکه ساز چند وینیلی؛  
 ه- مسیر شبکه بندی پیش پلیمر به وسیله شبکه ساز چند عاملی [9].

کاغذ سازی استفاده می شود. پلی آکریل آمید به روش پلیمر شدن رادیکالی طی مراحل شروع، رشد، انتقال زنجیر و اختتام با انواع آغازگرهای پروکسیدی، پر سولفات، ترکیبات آزو و انواع اکسایشی - کاهش‌ی تهیه می شود. برخی از تولیدات تجاری آن به شکل غیر یونی و بسیاری از آن به صورت کوپلی آکریل آمید آنیونی و کاتیونی است که با آبکافت کنترل شده، واکنش با آمین و واکنش مانیش تهیه می شود.

ساختار شیمیایی نوع غیر یونی پلی آکریل آمید مطابق شکل ۱-۴ است.

مصرف پلی آکریل آمید در ۳۵ سال گذشته رشد فراوانی داشته است. یکی از دلایل استفاده روز افزون این پلیمر سهولت فرایند تهیه پلی آکریل آمید با استفاده از کاتالیزورهای پیشرفته است. ساختار ویژه این پلیمر استفاده از آن را برای بهبود خواص جریان محلولها، انتقال نفت خام و ازدیاد برداشت نفت میسازد. پلی آکریل آمید و کوپلیمرهای آن به عنوان غلظت دهنده در مواد غذایی، دارویی و پوششها به کار می رود. همچنین، به عنوان پایدار کننده، لخته ساز، جاذب آب و رطوبت در صنایع نساجی و



شکل ۱-۴ ساختار شیمیایی پلی آکریل آمید غیر یونی [3].

### ۳- مواد و روش ها

#### ۳-۱ دستگاه ها و مواد مورد استفاده

طیف سنج IR FT- مدل Nexus ۶۷۰، ساخت شرکت های Thermo Nicolet در محدوده  $1\text{-}cm^{-1}$  (۶۰۰-۴۰۰) به صورت قرصهای KBr برای ثبت طیف های IR استفاده گردید.

آکریل آمید (AAm) Acryl amid (AAm) که از شرکت Fluka (Germany) تهیه شده است و بصورت مونومر مورد استفاده

قرار می گیرد  $N', N'$  متیلن بیس آکریل آمید (MBAAm)

$N, N'$  methylenbisacrylamid که از شرکت Merck

(Germany) تهیه شد است و به منظور عامل شبکه ساز در واکنش پلیمریزاسیون مورد استفاده قرار می گیرد.

آزایزوبوتیرونیتریل (AIBN) Azoisobutyronitril که از شرکت Merck (Germany) تهیه شده است و به منظور آغاز گر در واکنش پلیمریزاسیون مورد استفاده قرار می گیرد.

همچنین محلولهای کاتیونهای فلزی مس (Cu(II)، آهن (Fe(II) و نیکل (Ni(II) با غلظتهای (۱۰۰۰ppm, ۵۰۰ppm, ۲۵۰

مورد استفاده قرار می گیرد.

پلی آکریل آمید پلیمری سفید، بی بو، با سمیت بسیار کم، انحلال پذیر در آب، مخلوط آب و نمک و فرمامید و اتیلن گلیکول است. به طور جزئی در اسید استیک، اسید فرمیک و گلیسرین حل می شود. در دی متیل سولفوکسید، دی متیل فرمامید و پروپیلن گلیکول متورم می شود و در استون، اتانول، متانول، دی اتیل اتر و هیدروکربنهای آلیفاتیک و آروماتیک نامحلول است [10].

جریان آب حاوی مقدار بسیار کمی ذرات معلق جامد است که آن را کدر می کند. پلی آکریل آمید آبکافت شده به طور جزئی با وزن مولکولی تقریبی یک میلیون در تصفیه آب بسیار مؤثر است. مونومر باقیمانده باید به کمترین مقدار کاهش یابد. لخته سازهای بر پایه پلی آکریل آمید در مراحل مختلف تصفیه آب شامل مراحل مقدماتی، اولیه، ثانویه و تغلیظ به شکل لجن و آبگیری از لجن به کار می روند و باعث بهبود جداسازی ذرات معلق BOD می گردند.

(pAAm) طبق رابطه (۲.۱) محاسبه می شود. (۲.۱)

$$Conversion(\%) = \frac{w}{w_0} \times 100$$

درصد تولید

**w**: وزن کل مونومر و عامل شبکه ساز در مخلوط اولیه

**w0**: وزن هیدروژل حاصل بعد از خشک کردن

### ۳-۳-۲ اندازه گیری درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید (PAAm)

میزان تورم هیدروژل ها، به عنوان نخستین ویژگی توری آنها همیشه در صدر فهرست خواص آن جای دارد.

از آنجا که این کمیت در حالت متورم شدن آزادانه نمونه و تحت فشار نبودن آن اندازه گیری می شود، فقط کمی تقریبی از کیفیت واقعی نمونه است، بویژه اگر جذب آب مقطر اندازه گیری شود.

میزان تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید از طریق گراویمتری اندازه گیری می شود.

در این روش ابتدا مقدار معینی از هیدروژل های پلی آکریل آمید (PAAm) تولید شده را وزن کرده (w0) و آنها را در مقدار اضافی آب مقطر قرار می دهیم و در فاصله های زمانی معین آنها را بعد از عبور دادن از کاغذ صافی بطوریکه آب اضافی از آنها نچکد وزن کرده (wt) و دوباره در آب می گذاریم تا در زمان کافی بیشترین مقدار تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید (PAAm) را بدست آوریم.

درصد تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید را برحسب g/g از طریق رابطه (۲.۲) محاسبه می کنیم..

$$(\%) = \frac{w_t - w_0}{w_0} \times 100 \quad (2.2)$$

درصد تورم

با استفاده از این روش خواص توری هیدروژل های پلی آکریل آمید را در محیط های اسیدی (با افزودن (HCl(1M)) و بازی (با افزودن NaOH) نیز مورد بررسی قرار می دهیم.

### ۳-۲ فرآیند سنتز هیدروژل پلی آکریل آمید

هیدروژل های پلی آکریل آمید از طریق فرآیند پلیمر شدن محلول (solution polymerization) تولید می شوند.

این واکنش پلیمر شدن، از نوع رادیکالی و بشدت گرما زا است. که در این واکنش از آزوایزو بوتیرونیتریل (AIBN) به عنوان آغازگر واکنش پلیمریزاسیون و از متیلن بیس آکریل آمید (MBAAm) به عنوان عامل شبکه ساز استفاده می شود [11].

### ۳-۲-۱ پلیمر شدن محلولی

روش پلیمر شدن محلولی، رایج ترین روش تولید هیدروژل ها است در این روش، ابتدا ۱ g مونومر آکریل آمید (AAm) را در ۱۰ ml آب مقطر حل کرده و سپس ۰/۰۰۱g عامل شبکه ساز (MBAAm) و ۰/۰۱ g آغازگر واکنش (AIBN) را جداگانه در آب مقطر حل میکنیم و به محلول مونومر آکریل آمید (AAm) اضافه می کنیم. آنگاه محلول همگن و شفاف حاصل را در حمام آبگرم تا دمای (۶۰-۷۰C°) گرمای می دهیم. مخلوط به آرامی سفت و ژلی می شود. پس از گذشت زمان (حدود دوساعت) و اتمام واکنش، مخلوط به شکل توده ژلی در می آید، آن را قطعه قطعه کرده و در دمای حدود (۶۰-۷۰C°) خشک و آسیاب می کنیم پودر حاصل را در جای خشک و دور از نور نگهداری می کنیم تا در آزمایشات مورد استفاده قرار دهیم.

### ۳-۳ روش های اندازه گیری

#### ۳-۳-۱ اندازه گیری درصد تولید هیدروژل های پلی آکریل آمید

میزان تولید هیدروژل های پلی آکریل آمید (PAAm) براساس وزن کل مونومر آکریل آمید و عامل شبکه ساز در مخلوط اولیه تعیین می شود و درصد تولید هیدروژل پلی آکریل آمید

مشخص (۲۴ ساعت) با رنگین شدن هیدروژل‌های پلی آکریل آمید قابل مشاهده است.

همچنین خواص تورمی هیدروژل (PAAm) را در محلول‌هایی کاتیونهای فلزی (Cu(II), Ni(II), Fe(II)) و با غلظت‌های ppm (۱۰۰۰, ۵۰۰, ۲۵۰, ۱۰۰) طبق رابطه (۲.۲) مورد بررسی قرار می‌دهیم.

#### ۴. بحث و نتایج:

۴-۱ بررسی فرآیند سنتز هیدروژل پلی آکریل آمید هیدروژل‌های پلی آکریل آمید از طریق فرآیند پلیمر شدن محلولی که از نوع پلیمر یزاسیون رادیکالی است تولید می‌شود که در این واکنش پلیمر یزاسیون از آکریل آمید (AAM) که مونومرهای واکنش پلیمر یزاسیون است و از آزوایزو بوتیرونیتریل (AIBN) به عنوان آغازگر واکنش پلیمر یزاسیون و متیلن بیس آکریل آمید (MBAAM) به عنوان عامل شبکه ساز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۴-۱-۱ مطالعه اندازه گیری در صد تولید هیدروژل پلی آکریل آمید

درصد تولید هیدروژل پلی آکریل آمید از مونومرهای آکریل آمید از طریق گراویمتری اندازه گیری می‌شود بر اساس رابطه (۲.۱) قابل محاسبه و بررسی است.

با استفاده از این روش درصد تولید هیدروژل‌های پلی آکریل آمید را در فاصله‌های زمانی معین اندازه گیری کرده و درصد تولید هیدروژل‌ها را با گذشت زمان بصورت نمودار (۲.۳) می‌توان نمایش داد.

#### ۳-۴ آزمایشات تأثیر عوامل سنتزی و محیطی در خواص تورمی هیدروژل پلی آکریل آمید

خواص تورمی هیدروژل‌های پلی آکریل آمید (PAAm) را می‌توان با تغییر نوع و مقدار مواد اولیه و همچنین تغییر در محیط (اسیدی و بازی) تنظیم کرد.

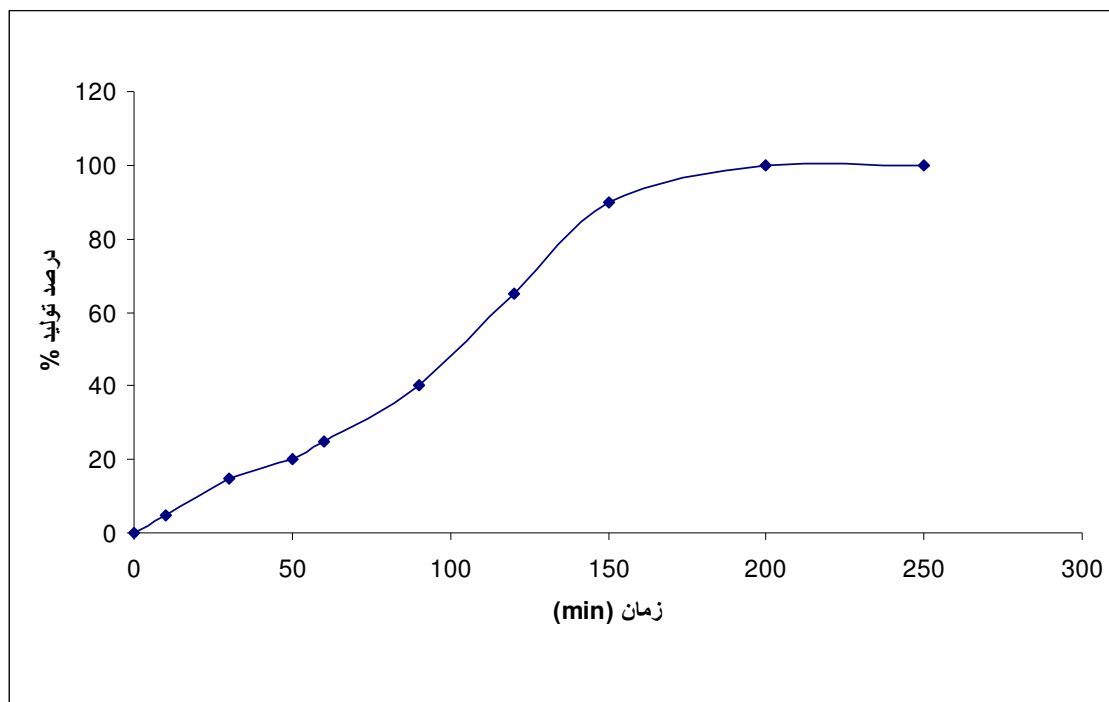
ساختار عامل شبکه ساز مقدار آن، با وجود کاربرد آن در مقادیر بسیار اندک، عامل کلیدی و بسیار مؤثر بر خواص تورمی هیدروژل پلی آکریل آمید (PAAm) است. پس خلوص آن نیز مهم است.

عامل شبکه ساز مورد استفاده در تولید هیدروژل‌های پلی آکریل آمید (PAAm)، متیلن بیس آکریل آمید است که یک ترکیب چند وینیلی است و منجر به اتصالات کووالانسی می‌شود.

در این روش در ۳ مقادیر متفاوت (در محدوده ۰/۰۱g, ۰/۲g, ۰/۱g) با استفاده از عامل شبکه ساز متیلن بیس آکریل آمید هیدروژل‌های پلی آکریل آمید را سنتز کرده و سپس هیدروژل‌های سنتز شده را جداگانه در مقدار اضافی آب مقطر قرارداده و از طریق گراویمتری خواص تورمی هیدروژل‌های تولید شده را طبق رابطه (۲.۲) مورد بررسی قرار می‌دهیم.

#### ۳-۵ تهیه هیدروژل‌های پلی آکریل آمید پیوند شده با کاتیونهای فلزی

در این روش ابتدا محلول‌هایی از کاتیونهای فلزی مس (Cu(II)، آهن (Fe(II) و نیکل (Ni(II) با غلظت (۱۰۰۰ ppm) را تهیه کرده و سپس ۰/۵g از هیدروژل‌های پلی آکریل آمید تهیه شده را در داخل این محلول‌های می‌گذاریم با گذشت زمان کاتیونهای فلزی جذب هیدروژل‌های پلی آکریل آمید شده و تشکیل کمپلکس می‌دهند که بعد از گذشت یک زمان



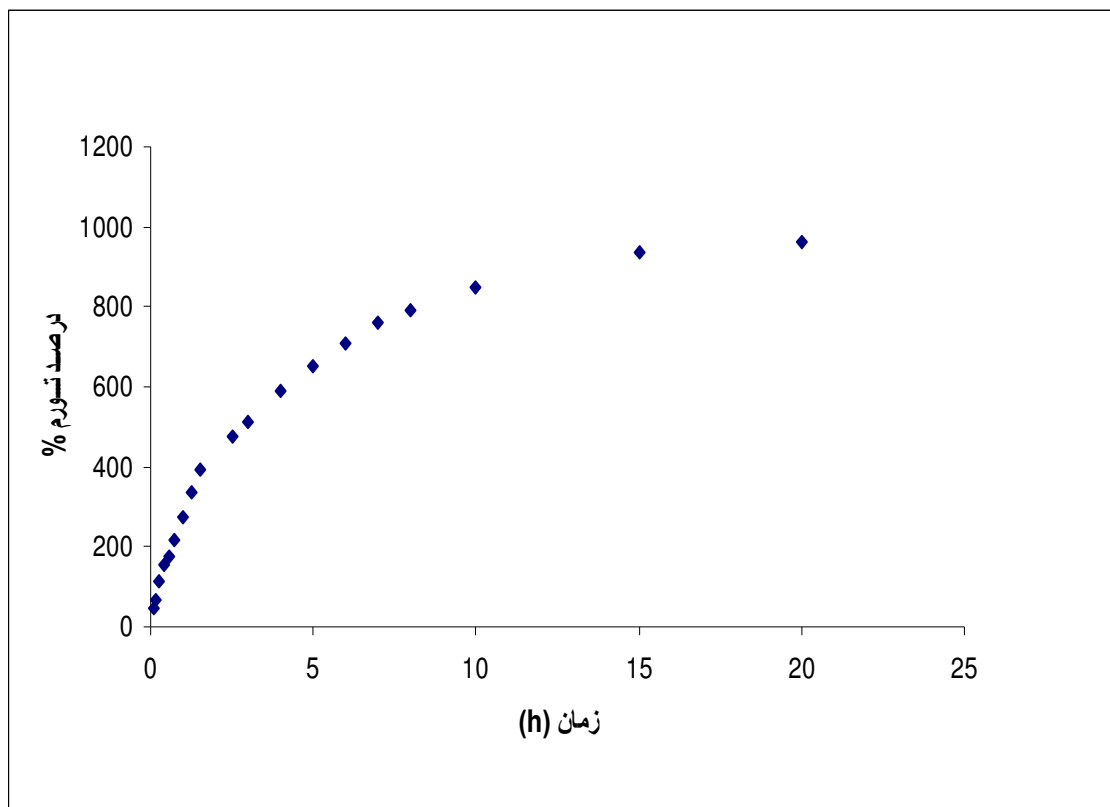
شکل ۲-۳ نمودار درصد تولید هیدروژل پلی آکریل آمید بر حسب زمان

#### ۲-۴ مطالعه خواص تورمی هیدروژل پلی آکریل آمید

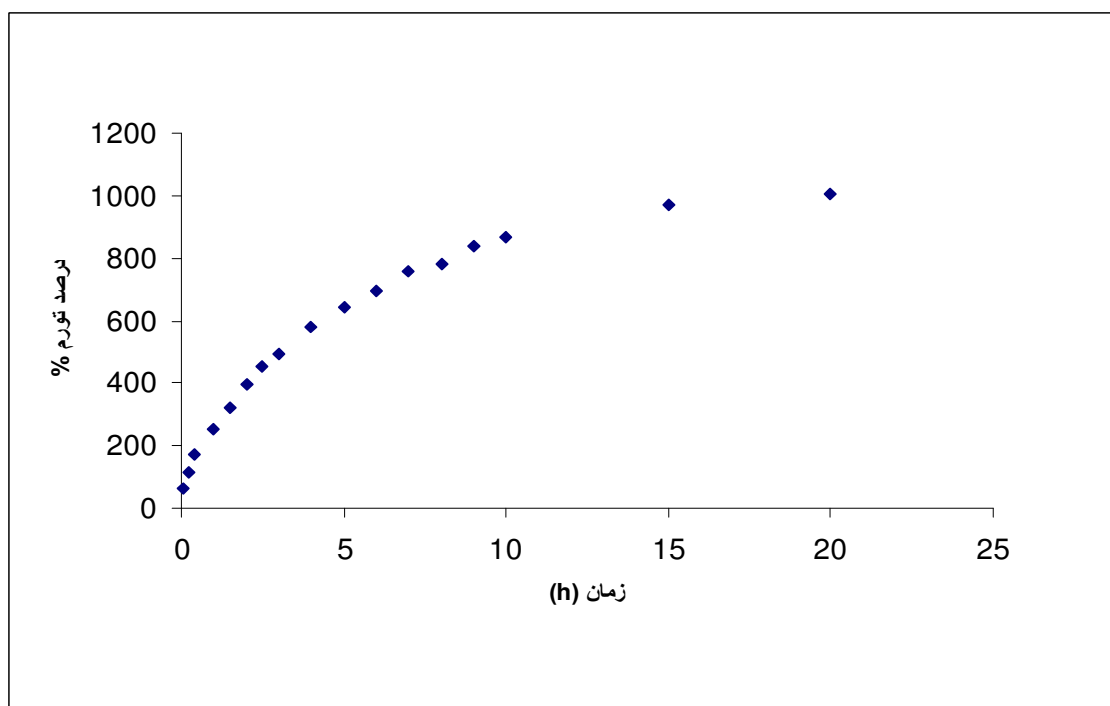
##### ۱-۲-۴ بررسی تاثیر عوامل محیطی در درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید

در این مطالعه هیدروژل پلی آکریل آمید سنتز شده را در محیط های اسیدی ( $pH=1$ )، خنثی ( $pH=7$ ) و بازی ( $pH=12$ ) قرار داده و با گذشت زمان هیدروژلها را از طریق گراویمتری اندازه گیری کرده و درصد تورم را طبق رابطه (۲.۲) محاسبه و نمودار مربوط به هر کدام را رسم می کنیم.

با توجه به داده های بدست آمده و نمودار شکل ۲-۳ در می یابیم که با گذشت زمان درصد تولید هیدروژل های پلی آکریل آمید افزایش می یابد و بعد از گذشت یک زمان مشخص حدود ۲۰۰ دقیقه میزان درصد تولید هیدروژل های پلی آکریل آمید به ۱۰۰٪ می رسد و تمامی مونومرهای آکریل آمید در محلول آبی به هیدروژل پلی آکریل آمید تبدیل می شوند.

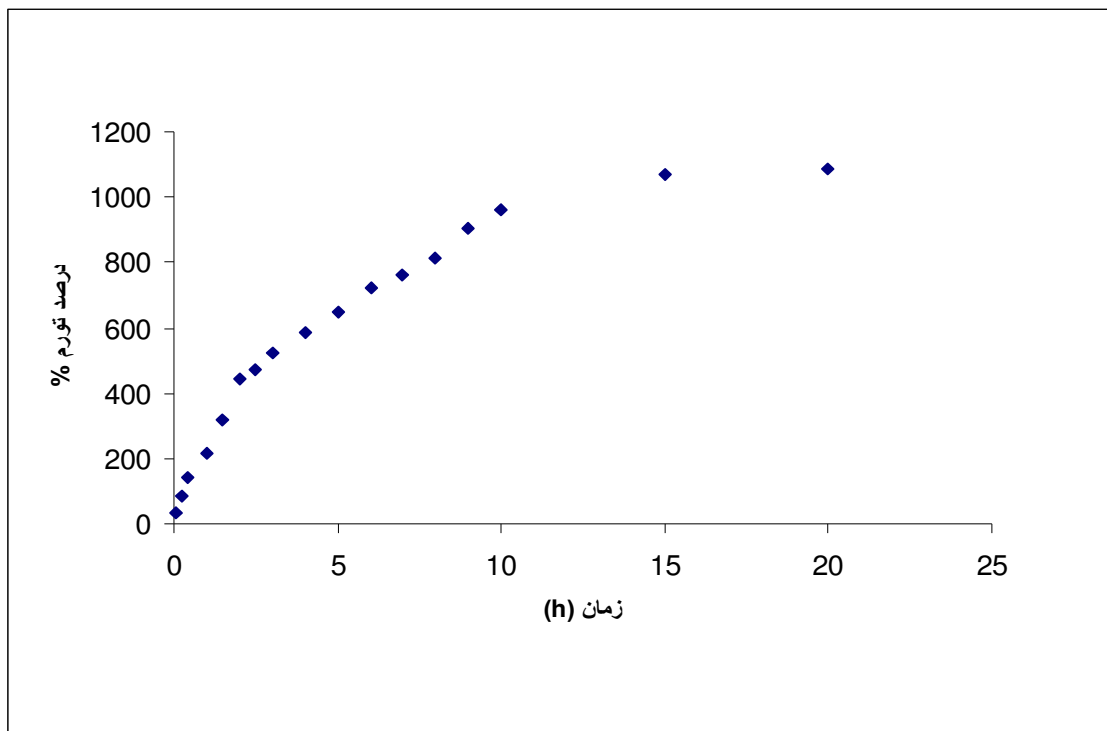


شکل ۳-۳ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید بر حسب زمان در  $\text{pH}=7$



شکل ۳-۴ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید بر حسب زمان در  $\text{pH}=1$





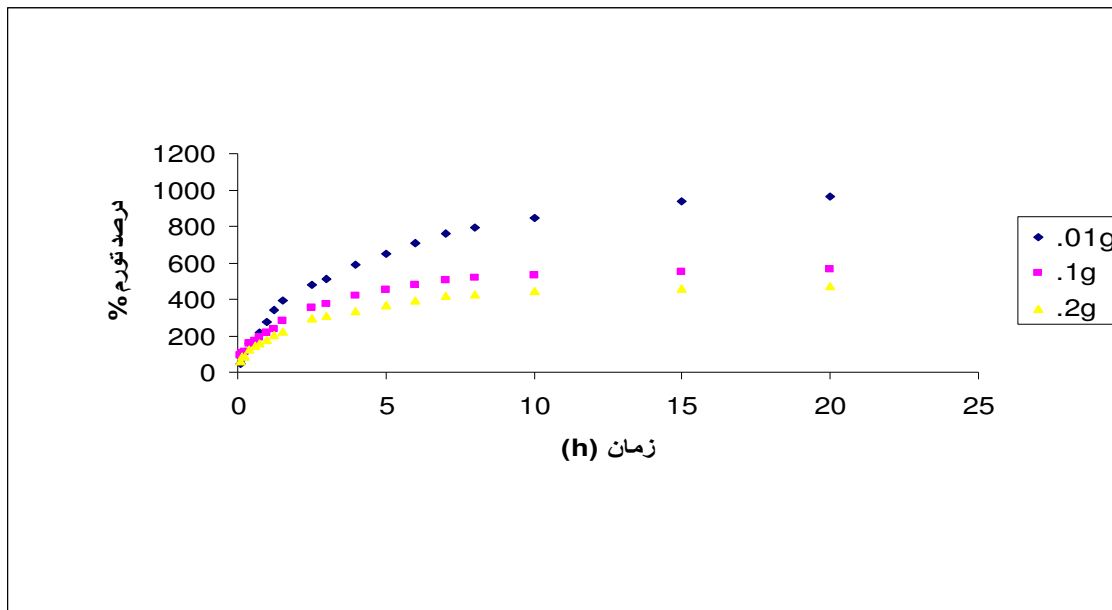
شکل ۳-۵ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید بر حسب زمان در  $\text{pH}=12$

#### ۲-۲-۴ بررسی تاثیر عوامل سنتزی در درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید

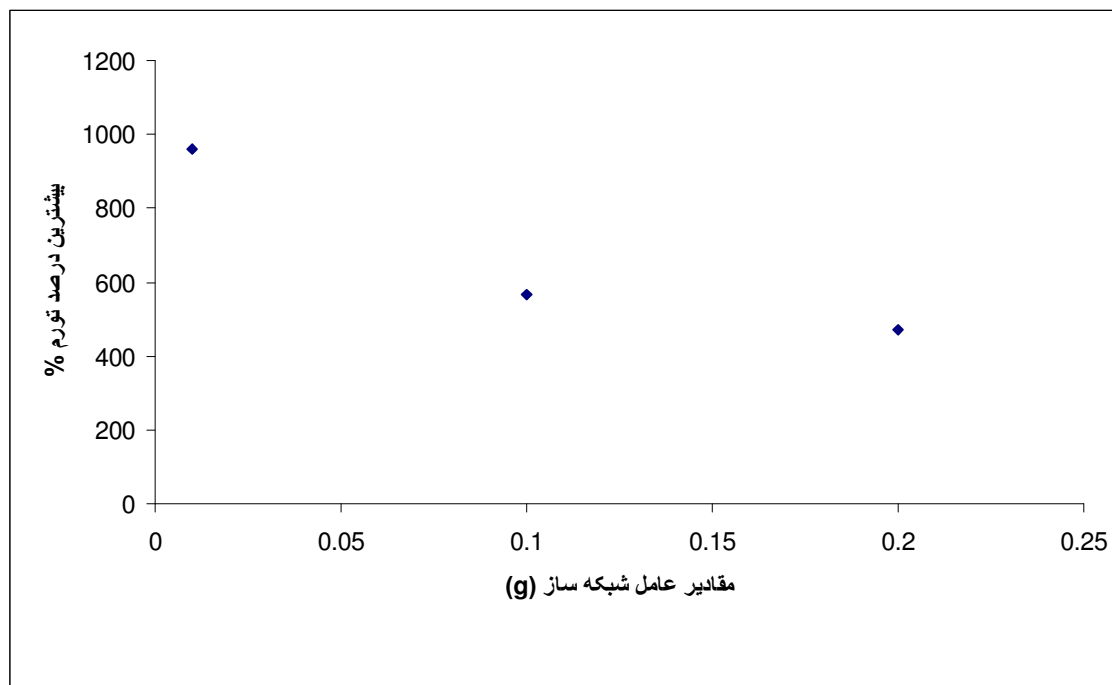
در این مطالعه هیدروژل های پلی آکریل آمید را که با تغییر در مقادیر عامل شبکه ساز سنتز کردیم در مقدار اضافی آب مقطر قرار می دهیم و از طریق گراویمتری میزان تورم این هیدروژل ها را با گذشت زمان مورد بررسی قرار می دهیم و درصد تورم را طبق رابطه (۲.۲) محاسبه کرده و نمودار مربوطه را رسم می کنیم.

از نمودار های حاصله در می یابیم که تغییر در  $\text{pH}$  محیط (اسیدی، خنثی و بازی) تاثیری در میزان تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید ندارد.

علت را چنین می توان توضیح داد که با تفکیک شدن  $\text{HCl}$  و  $\text{NaOH}$  در آب بعلاوه یکسان بودن بارهای یونی، قدرت یونی در محیط بازی و اسیدی یکسان بوده و تاثیری در زنجیره پلیمری هیدروژل پلی آکریل آمید ندارد.



شکل ۳-۶ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید بر حسب زمان در مقادیر متفاوت عامل شبکه ساز (MBAAm)



شکل ۳-۷ نمودار بیشترین درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید در مقادیر متفاوت (MBAAm)

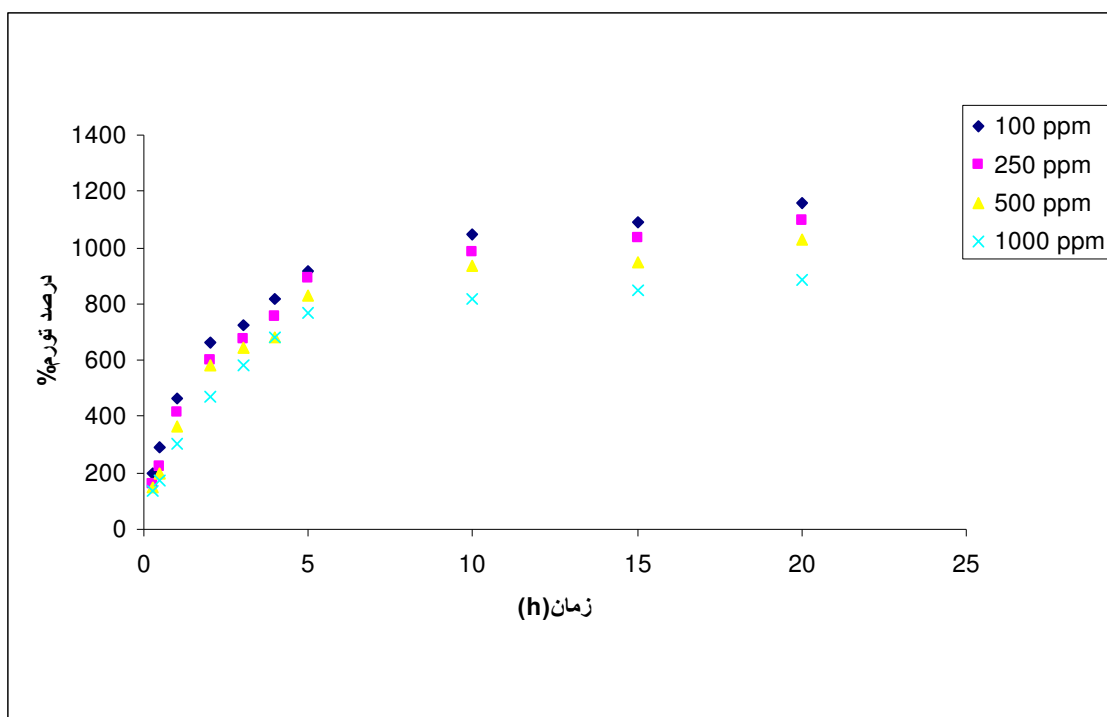
از نمودار بدست آمده درمی یابیم که با افزایش مقدار عامل شبکه ساز (MBAAm) در سنتز هیدروژل های پلی آکریل آمید درصد تورم این هیدروژل ها کاهش می یابد و بیشترین

### ۴-۲-۳ مطالعه درصد تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید در غلظتهای متفاوت کاتیون فلزی

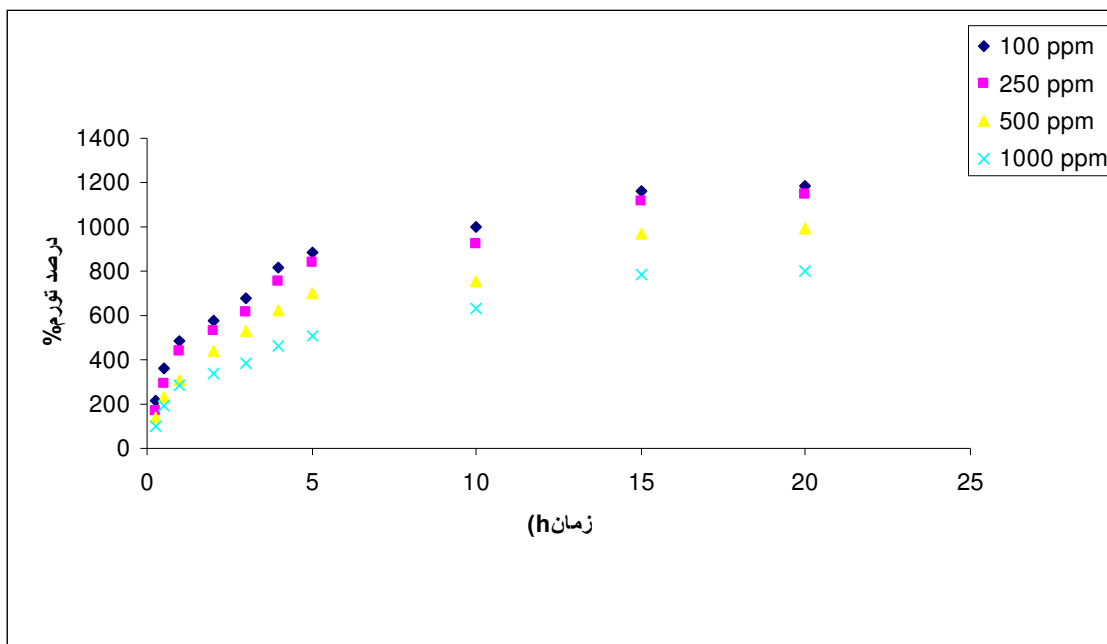
محلولهای کاتیونهای فلزی مس (Cu(II)، آهن (Fe(II) و نیکل (Ni(II) را با غلظت های (۱۰۰ppm, ۵۰۰ppm, ۱۰۰۰ppm) تهیه کرده و سپس هیدروژل های پلی آکریل آمید را در این محلولها قرار می دهیم .

درصد میزان تورم این هیدروژلها را با گذشت زمان از طریق گراویمتری مورد بررسی قرار میدهم و درصد تورم را طبق رابطه (۲.۲) محاسبه کرده و نمودار مربوط به هر کدام از هیدروژلهای پیوندشده با کاتیون فلزی را محاسبه می کنیم.

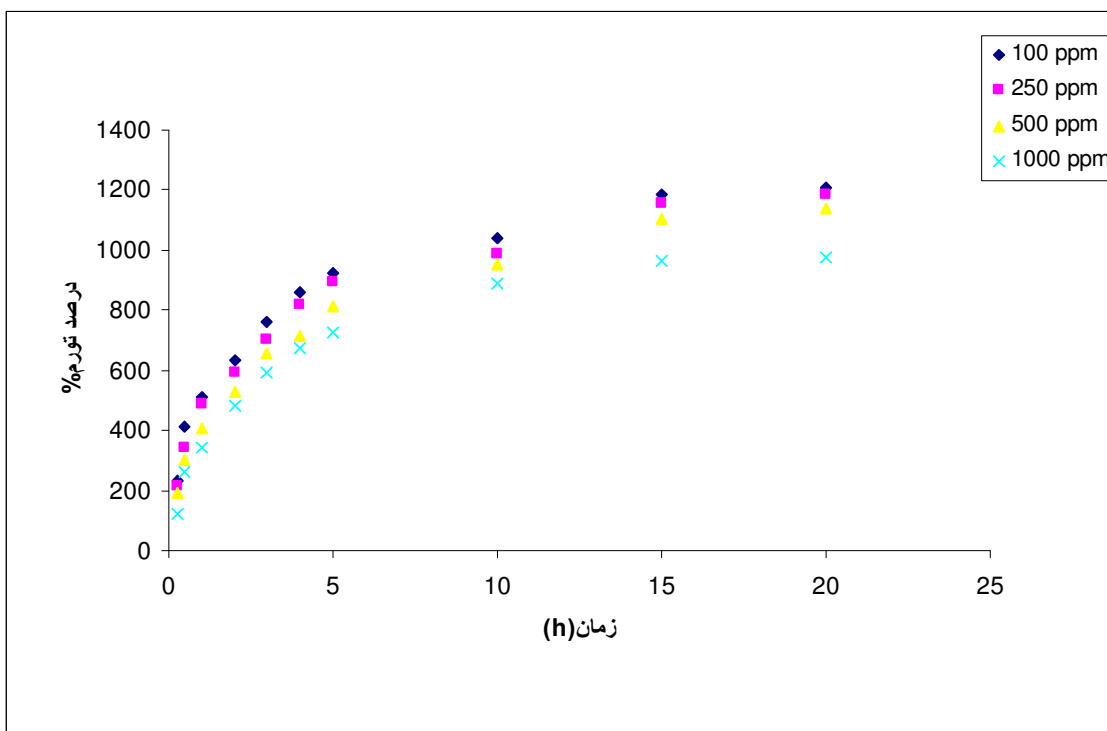
درصد تورم از ۹۶۱ به ۴۶۹ می رسد در صورتیکه بقیه شرایط حاکم در تمامی هیدروژل ها یکسان است. علت را چنین می توان توضیح داد که با افزایش عامل شبکه ساز در سنتز هیدروژل ها، نیروهای بین مولکولی بیشتری بین زنجیرهای پلیمری ایجاد می شود و میزان جذب آب و درصد تورم در این هیدروژل ها کاهش می یابد بنابراین در تمامی آزمایشات در این پایان نامه از هیدروژلی که دارای کمترین مقدار عامل شبکه ساز است، استفاده می کنیم .



شکل ۳-۸ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید در غلظتهای متفاوت یون مس



شکل ۹-۳ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید در غلظتهای متفاوت یون آهن



شکل ۱۰-۳ نمودار درصد تورم هیدروژل پلی آکریل آمید در غلظتهای متفاوت یون نیکل

از نمودارهای به دست آمده به این نتیجه می توان رسید که در هر ۳ مورد کمپلکس های تشکیل شده بین هیدروژل های

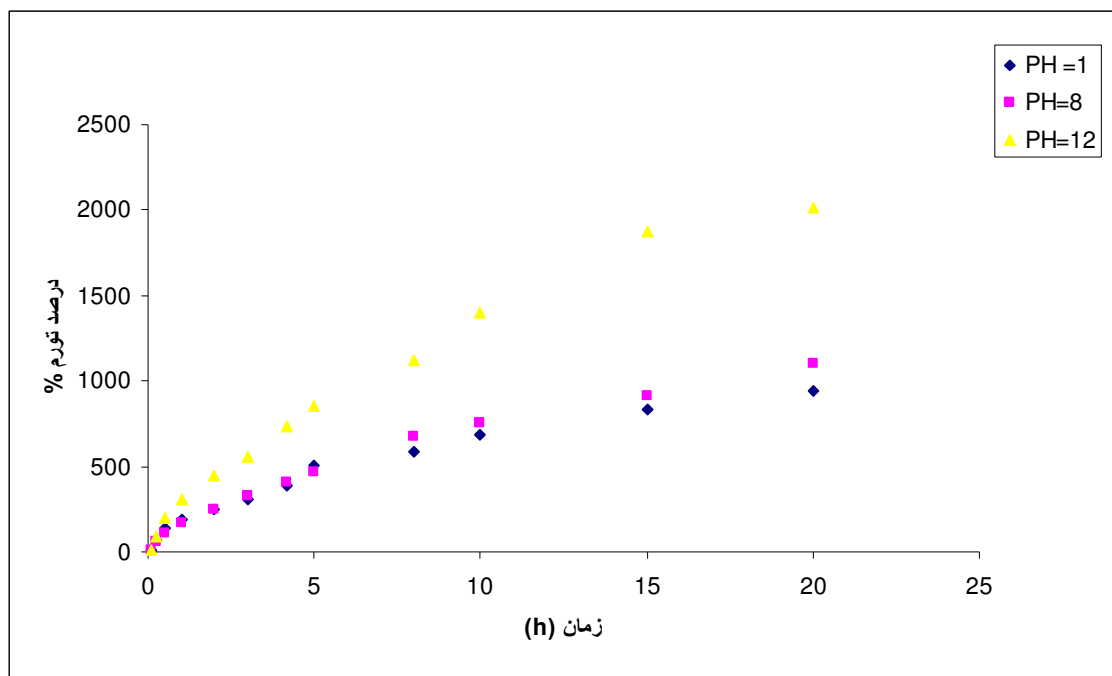
ها افزایش می یابد (با افزایش غلظت کاتیونها فلزی جذب کاتیونها توسط هیدروژل ها افزایش می یابد) که باعث ممانعت از جذب آب و تورم هیدروژل ها میشود.

#### ۳-۴ مطالعه تاثیر عوامل محیطی در خواص تورمی کمپلکس هیدروژل های پلی آکریل آمید و کاتیون های فلزی

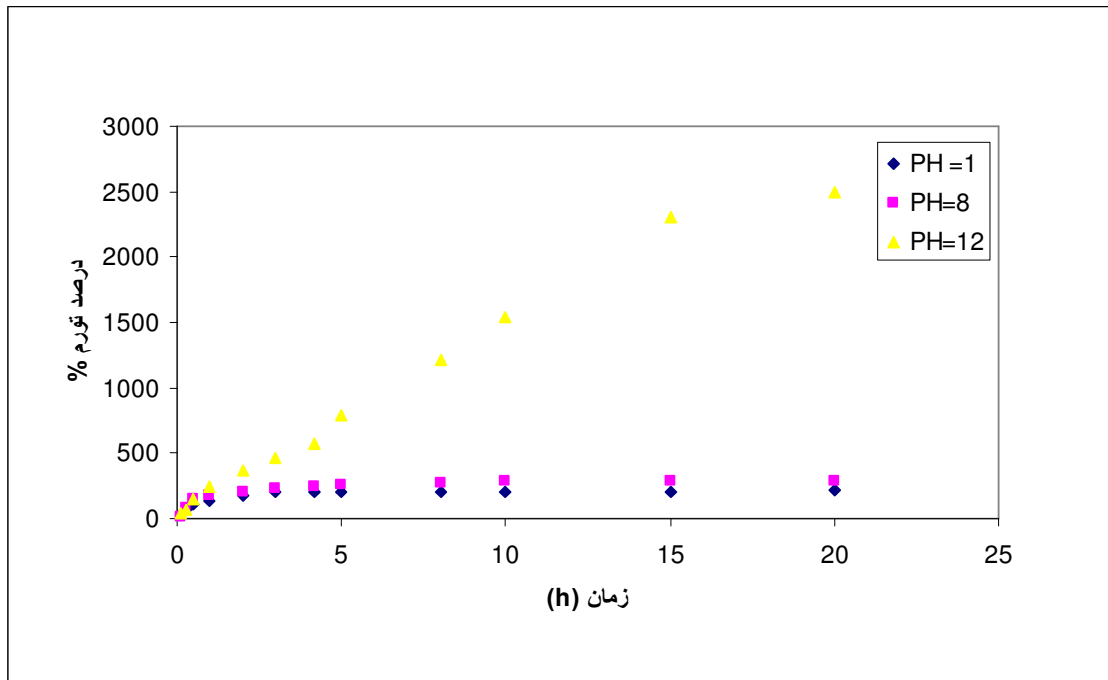
کمپلکس های هیدروژل های پلی آکریل آمید و کاتیونهای فلزی  $Fe(II), Ni(II), Cu(II)$  تهیه شده را در محیط هایی با pH متفاوت اسیدی (با افزودن  $HCl (1M)$ ) و بازی (با افزودن  $NaOH (1M)$ ) قرار می دهیم و سپس میزان تورم این هیدروژلها را با گذشت زمان بررسی کرده و درصد تورم را طبق رابطه (۲.۲) محاسبه می کنیم و نمودار مربوط به هر کدام را رسم می کنیم.

پلی آکریل آمید با کاتیونهای فلزی که شامل (هیدروژل پلی آکریل آمید  $Cu^{+2}$ ) و (هیدروژل پلی آکریل آمید  $Ni^{+2}$ ) و (هیدروژل پلی آکریل آمید  $Fe^{+2}$ ) هستند.

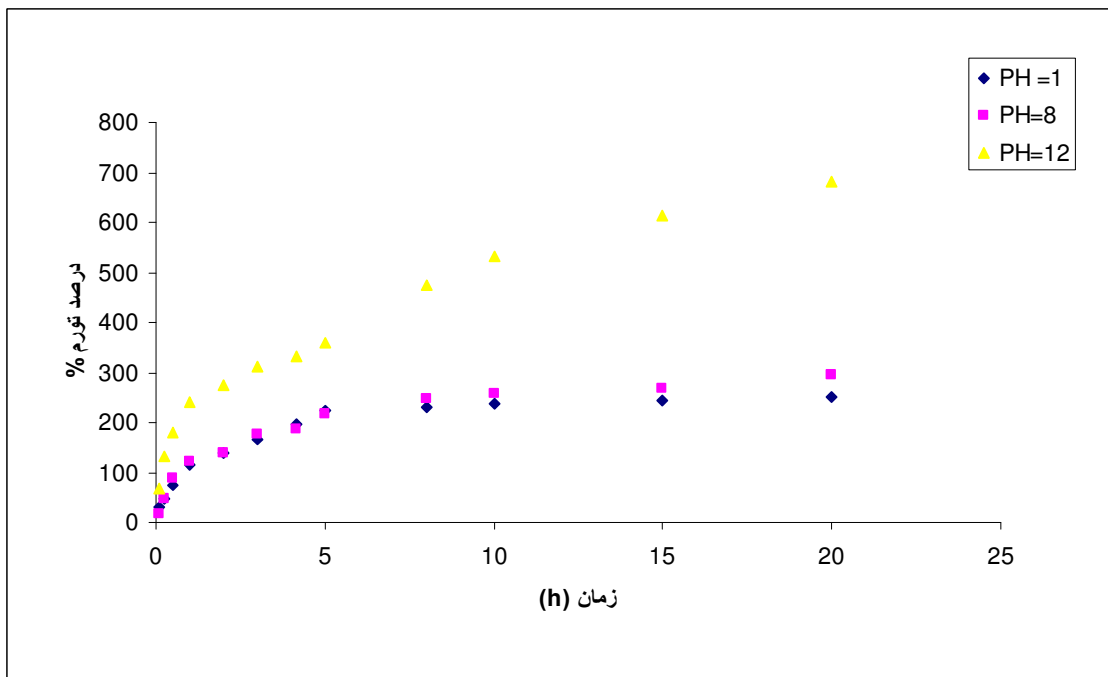
با افزایش غلظت کاتیونهای فلزی در محلولها درصد تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید کاهش می یابد و علت را چنین می توان توضیح داد که با افزایش غلظت کاتیونها، کمپلکس های تشکیل شده بین کاتیونها فلزی و زنجیره پلیمری هیدروژل



شکل ۳-۱۱ نمودار درصد تورم (هیدروژل پلی آکریل آمید+مس) بر حسب زمان



شکل ۱۲-۳ نمودار درصد تورم (هیدروژل پلی آکریل آمید+ نیکل) بر حسب زمان



شکل ۱۳-۳ نمودار درصد تورم (هیدروژل پلی آکریل آمید+ آهن) بر حسب زمان

از نمودار های حاصله به این نتیجه می رسیم که هر ۳ کمپلکس تشکیل شده (هیدروژل پلی آکریل آمید<sup>+</sup>Cu)

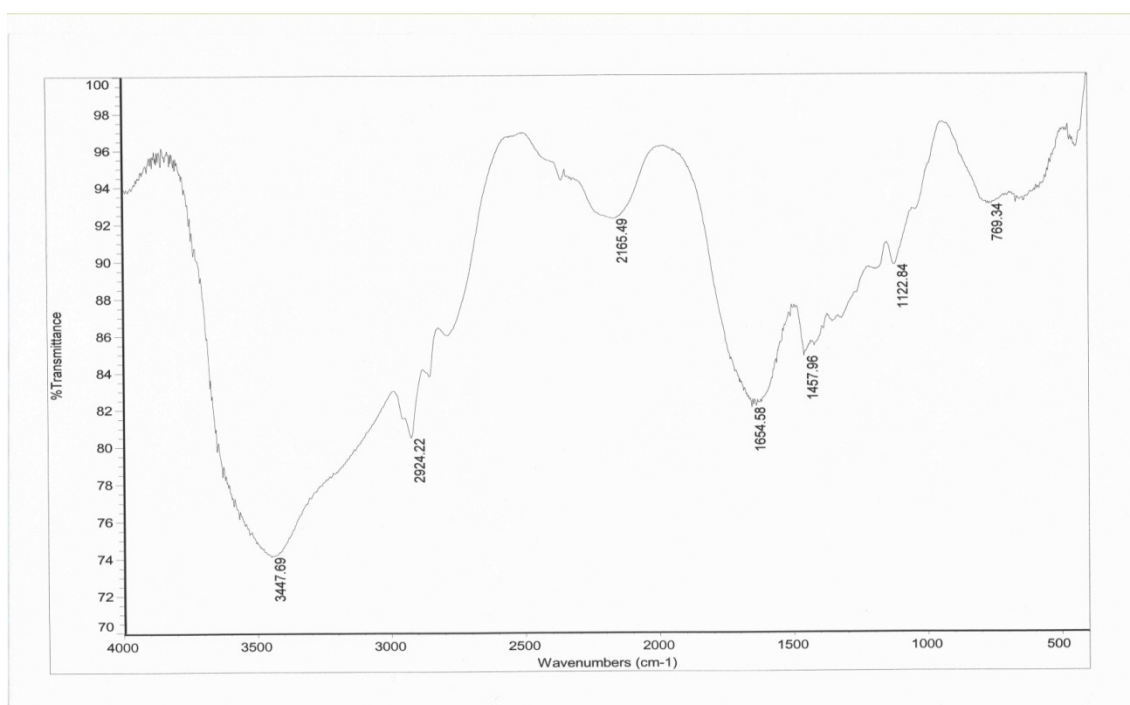
### ۳-۴ مطالعه طیف های FT-IR کمپلکس هیدروژل

#### های پلی آکریل آمیدو کاتیون های فلزی:

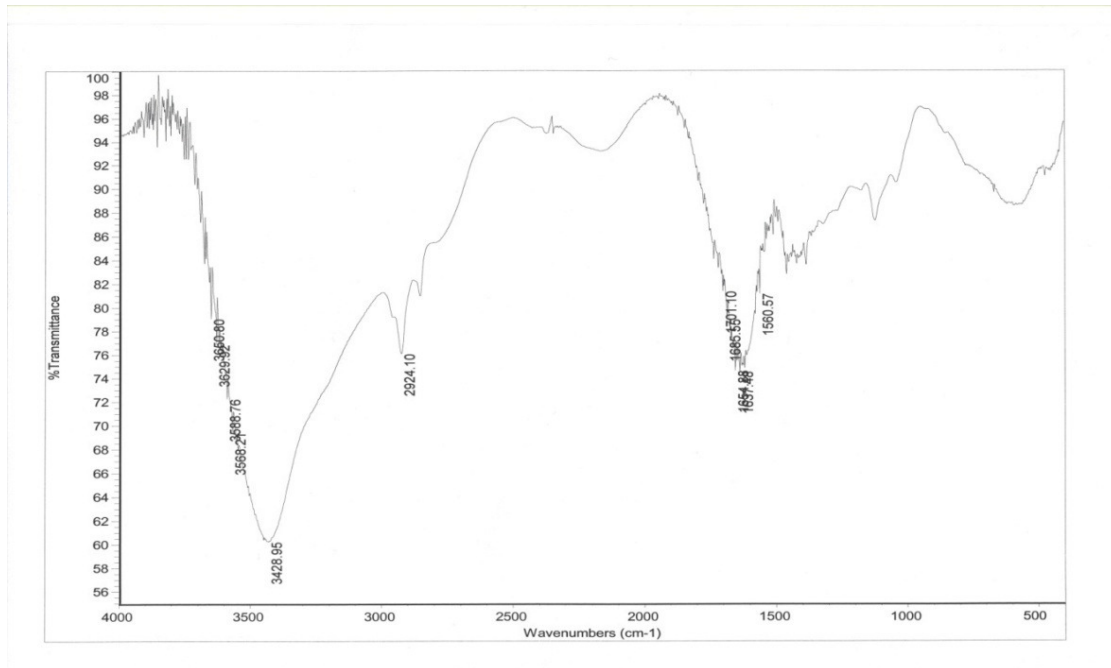
برای تائید تشکیل کمپلکس بین هیدروژل های پلی آکریل آمید با کاتیون های فلزی که شامل کمپلکس (هیدروژل پلی آکریل آمید<sup>+</sup> Cu) و (هیدروژل پلی آکریل آمید<sup>+</sup> Ni) و (هیدروژل پلی آکریل آمید<sup>+</sup> Fe) از طیف های FT-IR استفاده می کنیم.

و (هیدروژل پلی آکریل آمید<sup>+</sup> Ni) و (هیدروژل پلی آکریل آمید<sup>+</sup> Fe) در محیط های قلیایی (pH=12) بیشترین درصد تورم را دارد.

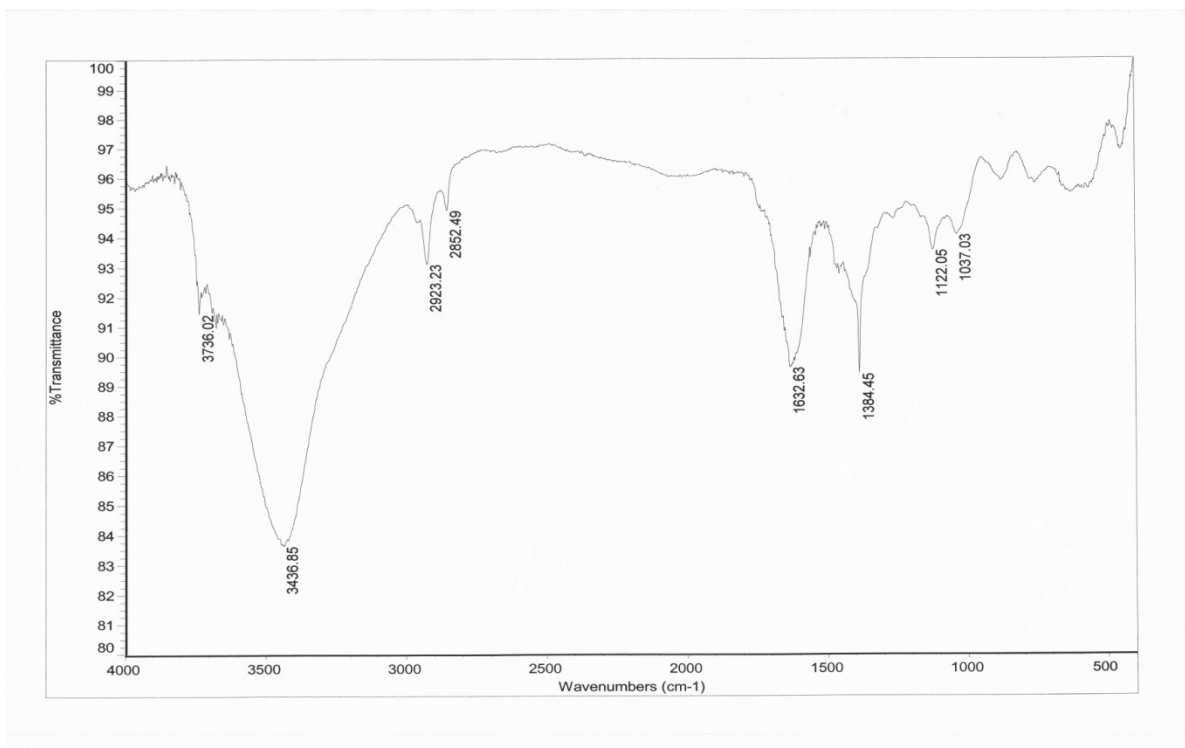
علت را می توان چنین توضیح داد بعلت اینکه شعاع یونی - OH نسبت به  $Cl^-$  کوچکتر است در محیط بازی تعداد حفره های خالی بین زنجیره های پلیمری بیشتر شده و میزان جذب آب و تورم هیدروژل ها افزایش می یابد.



شکل ۳-۱۴ طیف IR حاصل شده از هیدروژل پلی آکریل آمید

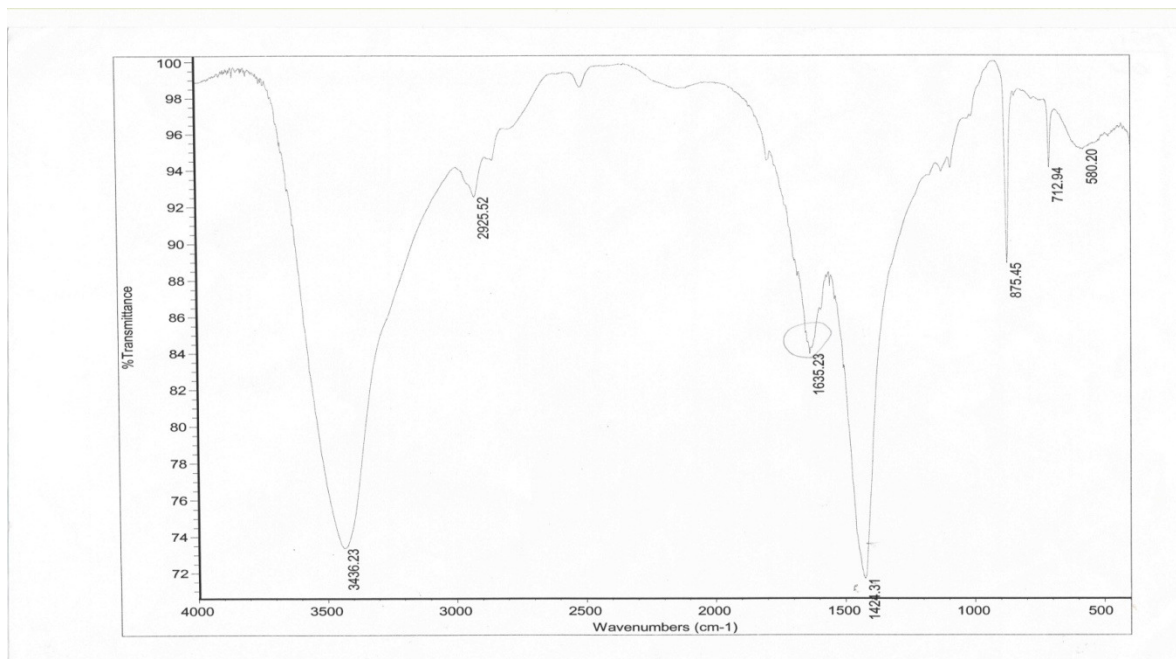


شکل ۳-۱۵ طیف IR حاصل شده از هیدروژل پلی آکریل آمید+ مس



شکل ۳-۱۶ طیف IR حاصل شده از هیدروژل پلی آکریل آمید+ نیکل





شکل ۳-۱۷ طیف IR حاصل شده از هیدروژل پلی آکریل آمید+آهن

(MBAAm) در سنتز هیدروژل های پلی آکریل آمید درصد تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید کاهش پیدا کرد، ولی تغییر در pH محیط (اسیدی، خنثی و بازی) تاثیری در میزان تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید نداشت..

با توجه به طیف های بدست آمده با جابجا شدن پیک مربوط به گروه کربنیل متصل به  $NH_2$  در پلی آکریل آمید و همچنین پهن شدن پیک مربوط به OH که نشانگر تشکیل پیوند هیدروژنی است از دلایل تشکیل کمپلکس بین هیدروژل پلی آکریل آمید و کاتیون های فلزی است.

### ۵. نتیجه گیری:

هیدروژل های پلی آکریل آمید از طریق فرآیند پلیمر شدن محلول (solution polymerization) از نوع رادیکالی و بشدت گرما زا سنتز شدند. میزان تورم هیدروژل های پلی آکریل آمید از طریق گراویمتری اندازه گیری شد. خواص تورمی هیدروژل پلی آکریل آمید در شرایط مختلف pH و غلظت های مختلف کاتیون فلزی و تحت تاثیر عوامل سنتزی مورد مطالعه قرار گرفت. در پایان مشاهده گردید که هر ۳ کمپلکس تشکیل شده در محیط های قلیایی ( $pH=12$ ) بیشترین درصد تورم را داشتند. با افزایش غلظت کاتیون های فلزی در محلولها و با افزایش مقدار عامل شبکه ساز

منابع:

[1] امیدیان، ابر جاذبها، مجله شیمی، سال یازدهم، شماره اول، ۲۳-۱۸، (۱۳۷۷).

[2] Buchholz F. L., Peppas N. A.; Superabsorbent Polymers Science and Technology, I [Symposium Series 573, American Chemical society, Washington, DC; 34, 35, 92-97, 99-111, 124; (1994).

[3] Brannon-Peppas L., Harland R. S.; Absorbent Polymer Technology, Elsevier, Amsterdam; 9, 33, 99; (1990).

[4] MacWilliams, D.C.; Functional Monomers, Marcell Dekker, Vol. 1; New York; 1; (1973).

[5] [www.edana.org](http://www.edana.org)

[6] Chin Y.-R., Al-dayel A.; Acrylic Acid Based Superabsorbent Polymer, Stanford Research Intstitute, PEP Rev. No. 85-1-2; (1985).

[7] Omidian H., Hashemi S. A., Askari F., Nafisi S.; Modifying Acrylic-Based Superabsorbent. I. Modification of Crosslinker and Comonomer Nature, J. Appl. Polym. Sci., Vol. 54, 241-249; (1994).

[8] Omidian H., Hashemi S. A., Sammes P. G., Meldrum I. G.; Modified Acrylic-Based Superabsorbent Polymers. Effect of Temperature and Initiator-concentration, Polymer, Vol. 39, 3459-3466; (1998).

[9] Kulicke W. M., Nottelmann H.; Structure and Swilling of Some Synthetic, Semisynthetic, and Biopolymer Hydrogels, Adv. Chem. Ser., Vol. 223, 15-44; (1989).

[10] Young L.J. in Brandrup J., Polymer Handbook; Immergut E.H., ed., John Wiley & Sons Inc.; New York, sect. II; (1975).

[11] Polyacrylamide Gels with Electrostatic Functional Group for Molecular Imprinting of Lysozyme, Analytica Chimica 504, No 1; 163; (2004)