



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال دوازدهم، شماره‌ی ۴۶
تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۲۴-۱۵

تهیه و شناسایی هیدروژل‌های ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و متاکریل آمید و بررسی تورم آن‌ها در pHهای مختلف

زهره پيله ورزاده

گروه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

امیر سپهریان آذر*

گروه شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

Email: amir.sepehrianazar@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۲/۲۳

چکیده

هیدروژل‌ها پلیمرهای سه بعدی هستند که در آب متورم می‌شوند و به علت داشتن گروه‌های عاملی کاربردهای زیادی در پزشکی، صنعت تصفیه آب و... دارند. در این کار هیدروژل‌های ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و متاکریل آمید در نسبت‌های وزنی مونومری ۱:۱ و ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ و هیدروژل متاکریل آمید و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات با استفاده از پلیمریزاسیون رادیکال آزاد در دمای 70°C به مدت ۴ ساعت با استفاده از آمونیوم پرسولفات به عنوان آغازگر و N,N متیلن بیس آکریل آمید به عنوان عامل شبکه ساز تهیه شد و تورم کلیه هیدروژل‌های تهیه شده در pH ۱ تا ۱۲ بررسی و گرافیک سینتیک تورم آن‌ها رسم شد و بهترین تورم ثبت گردید.

کلید واژه: هیدروژل، مونومر، انسولین، pH، آغازگر.

مقدمه

تهیه و تولید هیدروژل‌ها از سال ۱۹۶۰ میلادی به طور گسترده با روش‌های استفاده از تشعشع گاما و الکتروبیوم مورد بررسی قرار گرفت. البته تولید هیدروژل از طریق تشعشع مزایای زیادی از جمله خلوص بالا، عدم استفاده از آغازگر و عامل شبکه‌ساز دارد. اما امروزه با استفاده از مواد شیمیایی، آغازگر و عامل شبکه‌ساز هیدروژل‌ها تولید می‌شوند که هزینه نسبتاً بالایی دارد [۱]. هیدروژل‌ها دارای ساختمان سه بعدی پلیمری می‌باشند. تفاوت هیدروژل و ژل در این است که هیدروژل‌ها ۱۰۰٪ افزایش وزن نسبت به وزن اولیه خود نشان می‌دهند اما ژل‌ها آن دسته از مواد پلیمری‌اند که بعد از جذب آب ۲۰٪ وزن اولیه خود افزایش نشان می‌دهند. یعنی تورم چندانی ندارند. اما هیدروژل‌ها بسیار متورم شده و توانایی جذب آب یا محلول زیادی را دارد. با توجه به گسترش و پیشرفت روز افزون صنایع و نیاز جامعه و کاربردی که هیدروژل‌ها در صنعت دارند استفاده از این مواد پلیمری بسیار زیاد شده است [۲-۳].

مونومر متاکریل آمید محلول در آب بوده و نسبت به تغییرات دما حساس است. همچنین در مقایسه با سایر مونومرهای وینیلی نسبتاً ارزان می‌باشد. این مونومر زیست سازگار بوده و به عنوان حامل انتقال دارو به هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رفتارهای تورمی کوپلیمرهای هیدروژلی متاکریل آمید-کوهیدروژل (متاکریل آمید-کوهیدرواکریلیک اسید)- در PH های مختلف مورد بررسی قرار گرفته و این کوهیدروژل بعنوان یک حامل انتقال داروی موثر شناخته شده است. همچنین تورم و پتانسیل انتقال داروی ترپلیمر، کوهیدروژل های متاکریل آمید-کوهیدروژل ۲-پیرولیدون-کو ایتانوئیک اسید، در PH های مختلف بررسی گردید.

مونومر ۲-پیرولیدون-کوهیدروکسی متاکریلات هم کاربرد بسیار زیادی در صنعت پزشکی دارد و برای مثال در تهیه لنزهای چشمی از هیدروژل های آن استفاده می‌شود. این هیدروژل

نیز محلول در آب بوده و از طریق پلیمریزاسیون رادیکال آزاد تبدیل به هیدروژل می‌گردد. در این هیدروژل باید مقدار حلال کنترل شود. اگر حلال بسیار رقیق باشد می‌توان ساختمان هموزن هیدروژلی بدست آورد. کوپلیمرهای بسیار زیادی از این هیدروژل تهیه شده است که کاربردهای بیوشیمیایی بسیاری دارد و مهم‌ترین ویژگی آن داشتن تورم تقریباً ثابت و خاصیت مکانیکی خوب است [۵-۸].

انسولین یک هورمون پپتیدی بسیار کوچک و مهم برای پستانداران است که در فرایندهایی مانند رشد سلولی، تمایز سلولی، انتقال غشایی مواد مغذی و متابولیسم نقش دارد. این هورمون پپتیدی از ترکیب ۵۱ اسید آمینه می‌باشد و از سلول های بتا جزایر لانگرهانس واقع در بخش درون ریز پانکراس به خون ترشح می‌شود. نام انسولین نیز از واژه لاتین اینسولا به معنی جزیره گرفته شده است. وزن مولکولی انسولین ۵۸۰۸ دالتون اندازه گیری شده است [۸].

با توجه به اهمیت هیدروژل‌ها در علم پزشکی، در این پروژه سعی شد تا کوهیدروژل های ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و متاکریل آمید در محیط‌های مختلف pH (pH مختلف بدن که برای معده بین ۱ تا ۵ و برای ابتدا و انتهای روده ۷/۲ و ۷/۵ است) در نسبت های وزنی متفاوت مونومری تهیه شود. سپس ساختار دقیق آن‌ها شناسایی شود و مهم‌ترین عامل فیزیکی هیدروژل‌ها که همان تورم می‌باشد در pH های مختلف بررسی و شرایط بهینه بدست آید.

در نهایت برای اولین بار انسولین در داخل کوهیدروژل متاکریل آمید و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات تزریق و سپس میزان رهایش انسولین از داخل کوهیدروژل‌ها مطالعه گردید.

مواد و روش‌ها

- مواد شیمیایی مورد استفاده

مونومر ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات به عنوان مونومر اول و متاکریل آمید به عنوان مونومر دوم از شرکت آلد ریچ خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. از آمونیوم پرسولفات

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 تا کاملاً خشک شوند. سپس در داخل آون قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند.

برای تنظیم pH از HCl, NaOH استفاده شد و به مقدار معینی به محلول‌ها اضافه شد و pHهای مختلف تنظیم شد. هیدروژل‌های خشک شده را وزن کرده و در داخل محلول‌ها انداخته شد و در مدت زمان معین میزان تورم زمان ثابت شدن بررسی و سپس گرافیک مربوطه رسم شد. برای بررسی هیدروژل‌ها از نظر تغییرات دمایی، محلول‌های مورد نظر در دمای محیط و ۳۶-۳۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد.

ژل‌های خشک شده در نسبت‌های مختلف وزن و داخل محلول‌ها با دماهای مختلف قرار داده شد و میزان تورم آن‌ها در بازه زمانی مختلف از رابطه زیر محاسبه شد.

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

در این رابطه m_0 وزن ژل خشک، m_t وزن ژل متورم شده در لحظه مورد استفاده t ، و S میزان تورم می‌باشد.

نتایج و بحث

مونومر متاکریل آمید دارای جفت الکترون آزاد آمین است و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات دارای گروه -OH می‌باشد که به مونومرهای الکترون دهنده و الکترون گیرنده نیز معروف هستند. در این قسمت از کار به شناسایی ساختاری هیدروژل متاکریل آمید و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و کوهیدروژل نسبت مونومری ۱:۱ آن‌ها با استفاده از اسپکتروسکوپی FT-IR می‌پردازیم.

به عنوان آغازگر و N,N متیلن بیس آکریل آمید با خلوص ۹۹٪ به عنوان عامل شبکه ساز از شرکت آلدریچ خریداری و استفاده شد. همچنین از HCl و NaOH که از شرکت آلدریچ خریداری شده بود، برای تنظیم pHهای مختلف استفاده شد.

- روش تهیه هیدروژل‌ها

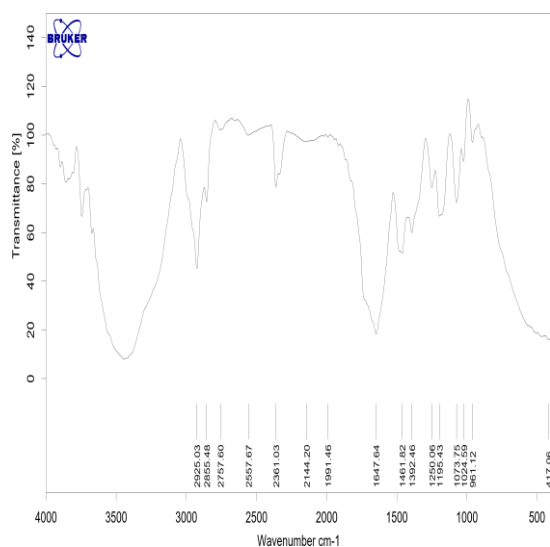
در این کار از دو مونومر ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و متاکریل آمید استفاده شد. هر دو مونومر دارای گروه‌های عاملی می‌باشد که در نتیجه اختلاط کمپلکس قابل توجهی بین این دو ماده تشکیل خواهد شد. بنابراین از فرایند پلیمریزاسیون رادیکال آزاد برای تولید این هیدروژل‌ها استفاده شد.

ابتدا از آمونیوم پرسولفات به عنوان آغازگر و N,N بیس آکریل آمید به عنوان عامل شبکه ساز استفاده شد. سپس در دمای ۷۰°C و برای مدت زمان ۴ ساعت و در نسبت‌های ۱ به ۱، ۱ به ۰/۵ و ۱ به ۰/۲۵ هیدروژل‌ها سنتز شدند. سپس هیدروژل‌های تهیه شده را وزن کرده و سپس درصد ژل شدن و ماکزیمم تورم آن‌ها محاسبه گردید.

برای تهیه هیدروژل ۱/۰۷ میلی‌لیتر کوهیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و ۰/۸ g متاکریل آمید را مخلوط کرده و سپس ۰/۰۰۵ g آمونیوم پرسولفات به عنوان آغازگر و ۰/۰۰۵ g N,N متیلن بیس آکریل آمید به عنوان عامل شبکه ساز به این محلول‌ها اضافه شدند.

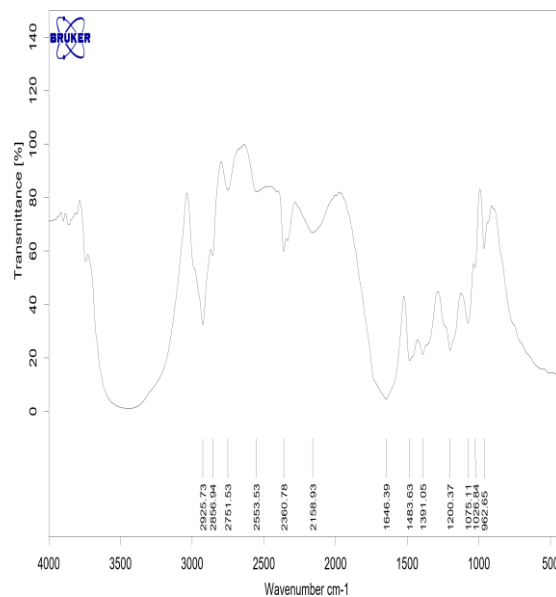
محلول را جذب مخلوط کرده و سپس در نسبت‌های متفاوت وزنی تهیه شدند (مقدار کوهیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات در نسبت‌های مختلف متغیر ولی مقدار متاکریل آمید ثابت بود). این مخلوط‌های متفاوت در نی‌های هم شکل و هم اندازه و هم قطر ریخته شدند که انتهای نی‌ها کاملاً بسته و مهر و موم شد و در داخل بشر با دمای ۷۰°C برای ۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از سنتز ژل‌ها از نی خارج شده و به قسمت‌های تقریباً مساوی و هم اندازه بریده شدند.

با توجه به شکل در دامنه 3600 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} ارتعاشات OH کششی، 2900 cm^{-1} - 2700 cm^{-1} ارتعاشات CH_2 و CH_3 کششی و 1670 cm^{-1} - 1650 cm^{-1} ارتعاشات مربوط به گروه CH کششی و کششی استر، 1438 cm^{-1} - 1217 cm^{-1} ارتعاشات $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ پیوندی و ارتعاشات $\text{C}-\text{C}$ کششی را نشان می‌دهد.



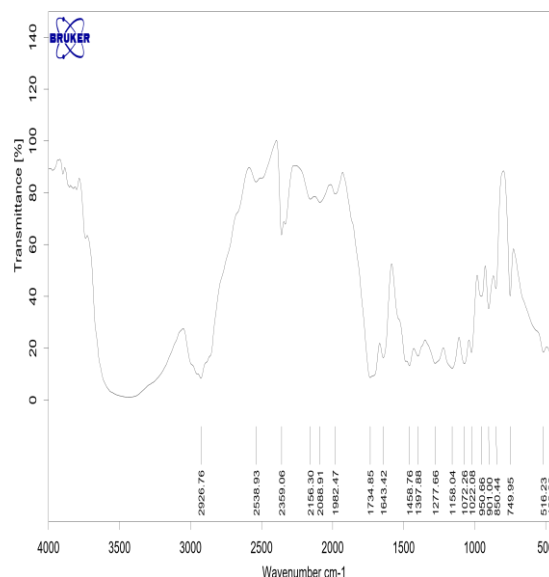
شکل ۳: FT-IR هیدروژل ۱:۱ نسبت وزنی مونومر متاکریل آمید و ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات

همانطوریکه در گروه‌های عاملی تک تک هیدروژل‌ها در شکل ۱ و ۲ نشان داده شد در شکل ۳ نیز در ناحیه 3600 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} نشان‌دهنده ارتعاشات OH - NH_2 می‌باشد. وقتی مونومر الکترون دهنده و الکترون گیرنده باهم ترکیب می‌شوند برای تهیه هیدروژل وجود پیوند هیدروژنی در ساختمان آن‌ها واضح است و همچنین پیوند درون مولکولی و برون مولکولی که ممکن است بین گروه‌های OH و NH_2 و یا بین NH_2 با $\text{C}=\text{O}$ و گروه OH با $\text{C}=\text{O}$ به وجود آید. همچنین در شکل شماره ۳ می‌توان کوچک شدن ناحیه 3600 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} که ایجاد پیوند هیدروژنی بین متاکریل آمید و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات است را مشاهده کرد و همچنین ناحیه 1460 cm^{-1} تا 1550 cm^{-1} و 1670 cm^{-1} را می‌توان به پیوند درون مولکولی و برون مولکولی مابین



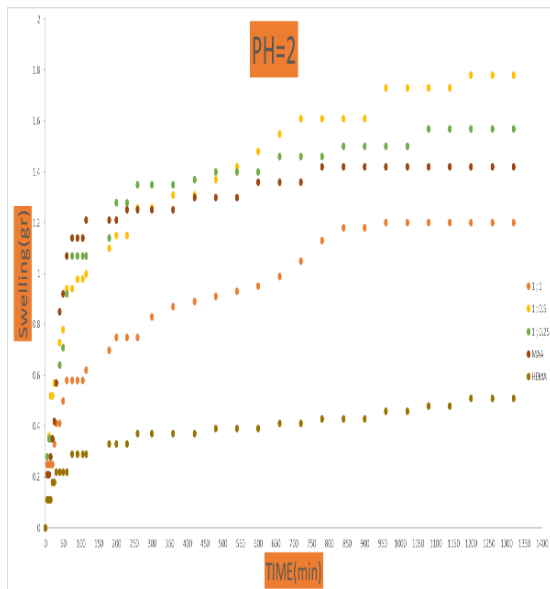
شکل ۱: FT-IR هیدروژل متاکریل آمید

با توجه به شکل شماره ۱ در دامنه 3600 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} ارتعاشات NH_2 کششی، 2900 cm^{-1} - 2800 cm^{-1} ارتعاشات CH_2 و CH_3 کششی و 1670 cm^{-1} - 1630 cm^{-1} ارتعاشات گروه کربونیل آمیدی کششی، 1480 cm^{-1} - 1550 cm^{-1} ارتعاشات $\text{C}-\text{N}$ پیوندی و 1300 cm^{-1} - 1200 cm^{-1} ارتعاشات CH_2 پیوندی را نشان می‌دهد [۱۲].



شکل ۲: FT-IR هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات

NH_3^+ و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات به صورت یون منفی O^- در می‌آید و پیوند الکترو استاتیک ایجاد می‌شود و همچنین در $\text{PH}=1$ پیوند هیدروژنی درون مولکولی بین OH و C=O و برون مولکولی بین C=O و NH_3^+ برقرار می‌گردد و کمپلکس قوی در نسبت استوکیومتری ۱:۱ تشکیل می‌گردد تورم پایین می‌آید و در نسبت‌های دیگر کمی تورم بیش‌تر می‌شود و در نسبت ۱:۰/۲۵ کمپلکس درون مولکولی و برون مولکولی و پیوند هیدروژنی ضعیف شده و تورم بیش‌تر می‌شود [۱۳-۱۴].



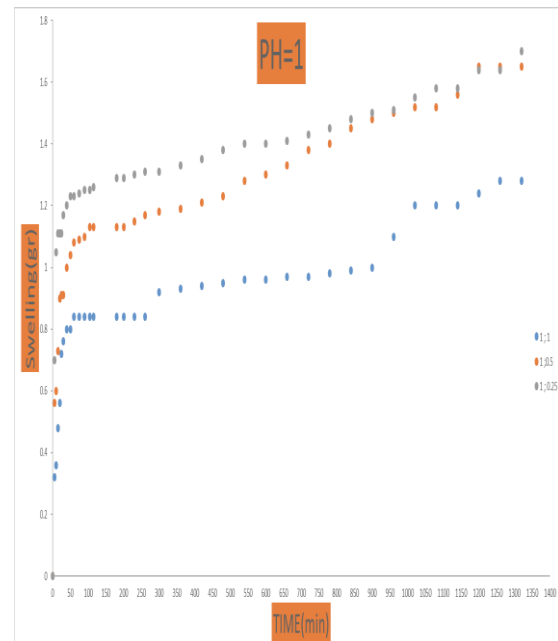
شکل ۵: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=1$

تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{PH}=2$ در شکل ۵ نشان می‌دهد که نسبت مونومری ۱:۱ کم‌ترین تورم و نسبت ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ بیش‌ترین تورم را دارد. همچنین تورم متاکریل آمید در حدود $1/3 \text{ g/g}$ بوده و تورم هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات در حدود $0/5 \text{ g/g}$ می‌باشد. پس نسبت استوکیومتری ۱:۱ در نسبت مونومری تورم آن بیش‌تر از ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات بوده و کم‌تر از متاکریل آمید می‌باشد که دلیل آن در شکل ۱ به خوبی بیان گردید و نسبت‌های ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ تورمشان تقریباً کمی بالاتر از هیدروژل متاکریل آمید می‌باشد که مراحل مقدار ۲-

NH_2 با C=O و OH با C=O نسبت داد که شکل پیک ها در این ناحیه با توجه به هیدروژل خالص متاکریل آمید و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات تغییر کرده است.

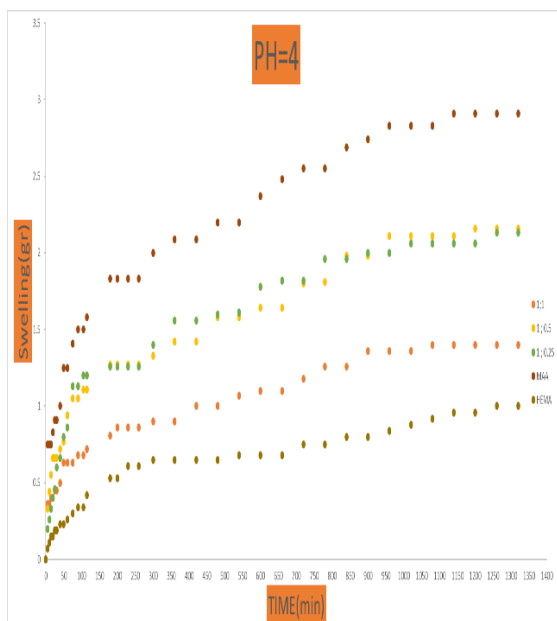
هیدروژل دو مونومر ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و متاکریل آمید با استفاده از پلیمریزاسیون رادیکال آزاد وبا استفاده از آمونیوم پرسولفات به عنوان آغازگر و N,N متیلن بیس آکریل آمید به عنوان شبکه‌ساز در مدت ۴ ساعت و ۷۰ درجه سانتی‌گراد در نسبت مونومری ۱:۱ و ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ تهیه شدند. سپس در pH های مختلف تورم این هیدروژل‌ها به دست آمد [۱۲].

شکل شماره ۴ تورم هیدروژل‌ها را در $\text{pH}=1$ نشان می‌دهد.



شکل ۴: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=1$

تورم هیدروژل‌های ۱:۱ و ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ در شکل ۴ دیده می‌شود که در نسبت‌های وزن مونومری ۱:۱ مقدار تورم کم‌تر و در مقدار ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ بیش‌تر است که تورم در نسبت ۱:۰/۲۵ کمی بیش‌تر از نسبت ۱:۰/۵ است دلیل این امر این است که در نسبت ۱:۱ ما بین OH ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و NH_2 متاکریل آمید پیوند الکترواستاتیک برقرار می‌شود یعنی NH_2 در متاکریل آمید به صورت



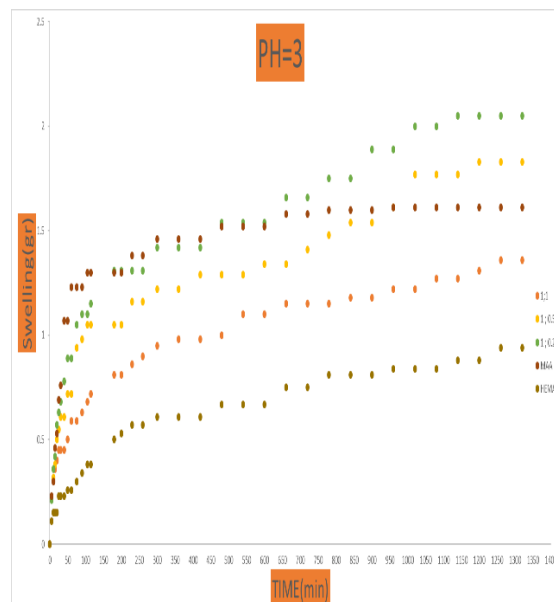
شکل ۷: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در pH=۱

تورم هیدروژل‌ها را در pH=۱ نشان می‌دهد که در این pH تورم هیدروژل متاکریل آمید از همه بالاتر است و تورم هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات در این pH کم‌تر است. دلیل این امر در pH های اسیدی قدرت پخش یونش یا RePultion ionic effect در درون هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات وجود ندارد و شدیدپیوند هیدروژنی برون مولکولی وجود دارد و متاکریل آمید تورمش از همه بالاتر است.

علت آن جفت الکترن آزاد موجود در NH_2 و مبادله شدیدجفت الکترن به برون محیط اسیدی و ایجاد یون NH_3^+ را می‌توان بیان کرد. پس تورم هیدروژل ۱:۱ از ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات بیش‌تر و از متاکریل آمید کم‌تر است.

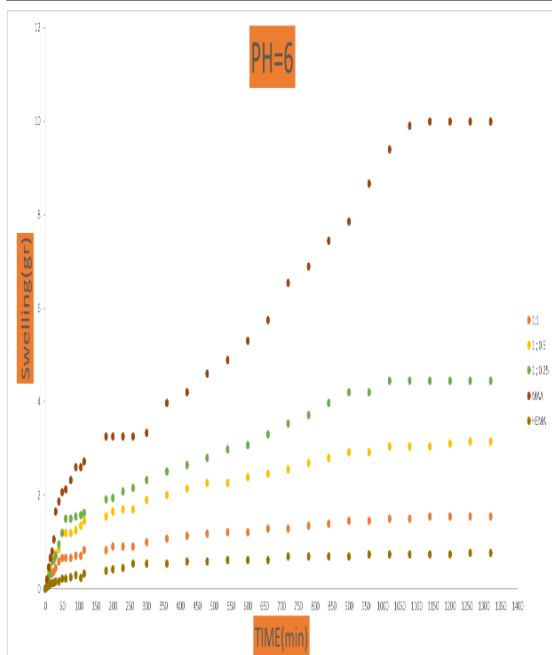
همچنان که می‌دانیم نسبت مونومری متاکریل آمید ثابت بوده و عامل متغیر ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات می‌باشد و در نسبت‌های ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ تورمش از هیدروژل متاکریل آمید کم‌تر است.

هیدروکسی اتیل متاکریلات متغیر بوده (بین ۰/۵ و ۰/۲۵) و متاکریل آمید ثابت است که این دلیل بر آن است که تورم-های نسبت‌های ۰/۵:۱ و ۰/۲۵:۱ کمی بالاتر از مقدار هیدروژل متاکریل آمید است.



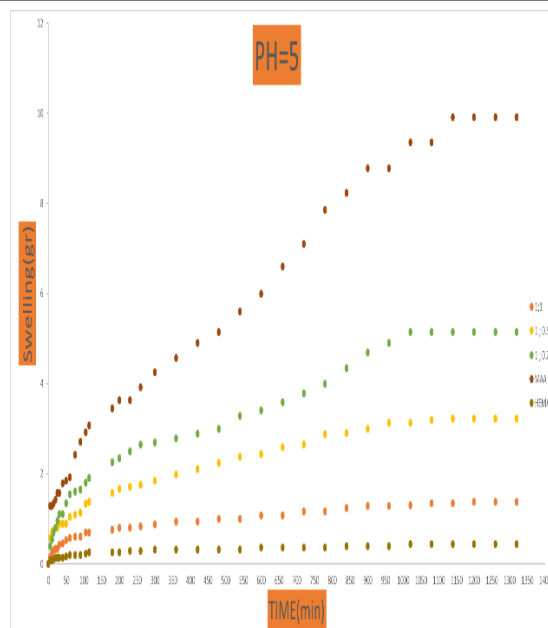
شکل ۶: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در pH=۳

شکل ۶ مقدار تورم هیدروژل‌های تهیه شده را در pH=۳ نشان می‌دهد. هرچقدر pH بالاتر باشد، کمپلکس تشکیلی ضعیف‌تر بوده و هیدروژل خالص ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات تورمش در حدود ۷ g/g بوده و هیدروژل خالص متاکریل آمید در حدود ۱/۴ g/g بوده و نسبت مونومری ۱:۱ کم‌تر از متاکریل آمید و بیش‌تر از ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات بوده و در مقدارهای ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ بیش‌تر از همه است.



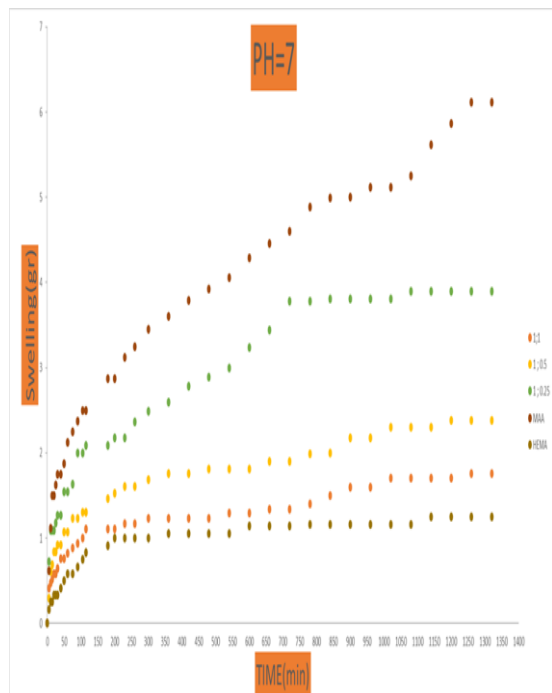
شکل ۹: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در pH=۶

شکل ۹ تورم هیدروژل‌های تهیه شده در pH=۶ را نشان می‌دهد که تقریباً تورم هیدروژل‌ها در pH=۶ با تورم هیدروژل‌ها در pH=۵ برابر است بنا به دلایلی که در شکل‌های قبلی بیان شد.



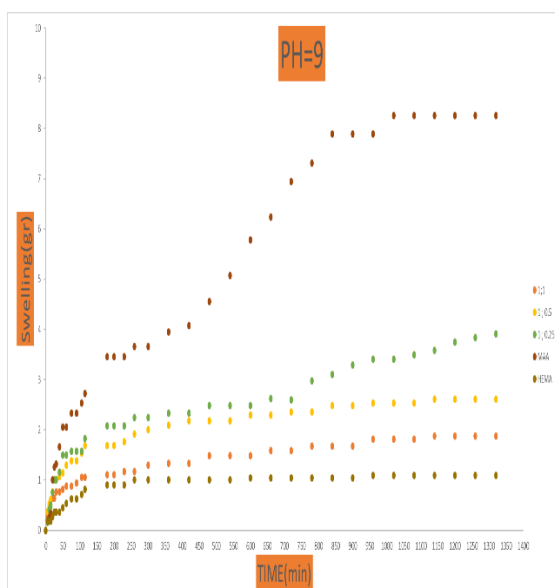
شکل ۸: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در pH=۵

شکل ۸ تورم هیدروژل‌ها را در pH=۵ نشان می‌دهد. همچنان که گفته شد هر چقدر pH بالاتر رود قدرت پخش یونی در متاکریل آمید بیشتر بوده و تورم هیدروژل متاکریل آمید به حدود ۱۰ g/g می‌رسد و چون اصلاً قدرت پخش یونی در pH‌های اسیدی در ۲-هیدروکسی متاکریل آمید وجود ندارد پس تورم هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات از همه کم‌تر می‌باشد و در نسبت مونومری ۱:۱ کمی بیش‌تر از هیدروژل خالص ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات بوده و نسبت ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ چون عامل متغیر (۰/۵ و ۰/۲۵ نسبت وزن مونومری) ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات می‌باشد و نسبت وزن مونومری متاکریل آمید ثابت است پس تورم ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ بیش‌تر از ۱:۱ است همچنان که دلیل آن قبلاً بیان شده است.



شکل ۱۰: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در pH=۷

شکل ۱۱ تورم هیدروژل‌ها را در $\text{pH}=8$ نشان می‌دهد که در محیط OH^- و Na^+ و OH^- و H^+ وجود دارد. در اینجا قدرت پخش یونی مابین جفت الکترون در NH_2 کمی کم‌تر از محیط اسیدی می‌شود و تورم بیش‌تر و ۲- هیدروکسی متاکریل آمید تورم از همه کم‌تر است و نسبت ۱:۱ بیش‌تر ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات و ۱:۰/۵ و ۰/۲۵ از نسبت وزنی مونومر ۱:۱ بیش‌تر است.

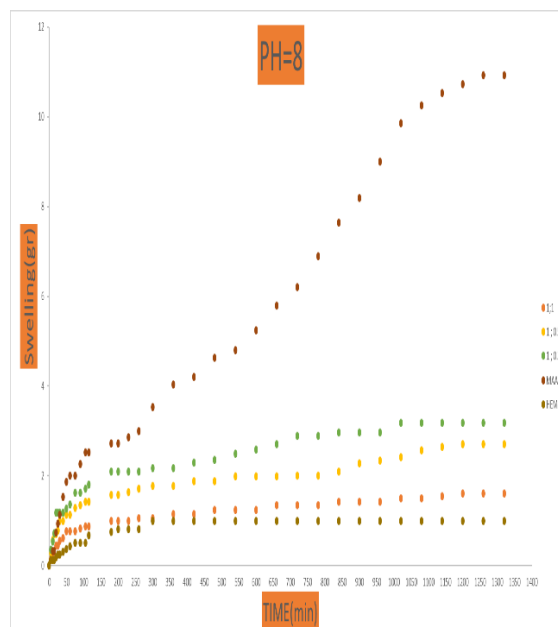


شکل ۱۲: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=9$

شکل ۱۲ تورم هیدروژل‌ها را در $\text{pH}=9$ نشان می‌دهد در اینجا OH^- و Na^+ و OH^- و H^+ وجود دارد که باز تورم متاکریل آمید بیش‌تر و ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات کم‌تر است. اما نسبت تورم از محیط اسیدی خیلی کم‌تر است دلیل آن قدرت پخش یونی در محیط بازی برای متاکریل آمید کم‌تر می‌باشد و اینجا آرام آرام قدرت پخش یونی برای ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات بیش‌تر می‌شود.

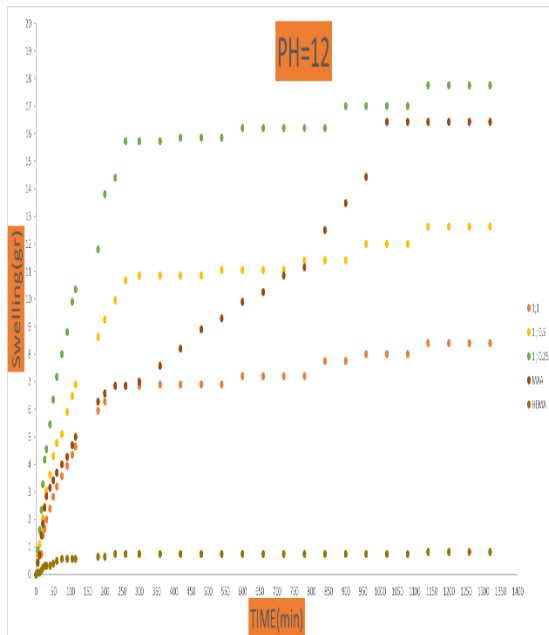
شکل ۱۰ تورم هیدروژل‌های تهیه شده را در $\text{pH}=7$ نمایش می‌دهد همچنان که می‌دانیم در این pH محیط خنثی (نوترال) می‌باشد. یعنی در محیط فقط آب OH^- و H^+ وجود دارد. بعد از اینکه هیدروژل‌ها را در این محیط قرار می‌دهیم هیدروژل متاکریل آمید تورمش بیش‌تر می‌شود یعنی در حدود 7 g/g و هیدروژل ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات تورمش از همه کم‌تر می‌شود.

در $\text{pH}=7$ باز قدرت پخش یونی ما بین جفت الکترون آزاد در محیط آبی بیش‌تر و قدرت پخش یونی در ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات از همه کم‌تر می‌شود و تورم هیدروژل ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات حدود 0.7 g/g می‌باشد. هیدروژل ۱:۱ نسبت وزن مونومری کمی بیش‌تر از ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات و ۱:۰/۵ و ۰/۲۵ از نسبت ۱:۱ بیش‌تر و از هیدروژل متاکریل آمید کم‌تر می‌شود.



شکل ۱۱: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=8$

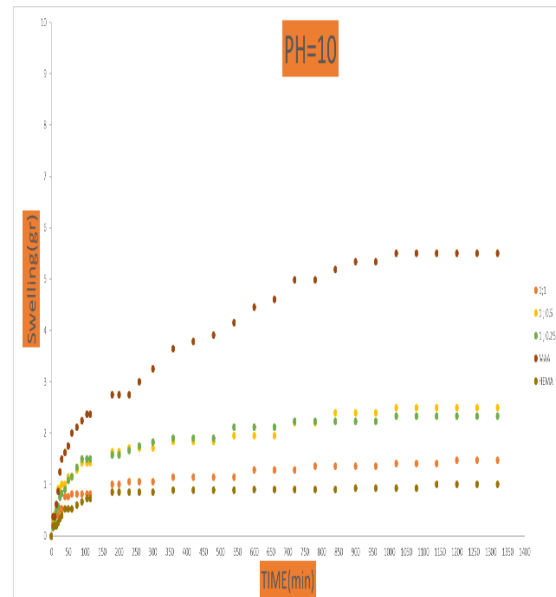
شکل شماره ۱۴ تورم هیدروژل‌ها را در $\text{pH}=11$ نمایش می‌دهد که تورم هیدروژل متاکریل آمید کم‌تر شده و قدرت پخش یونی ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات کمی بیش‌تر می‌شود و کلا تورم کاهش می‌یابد.



شکل ۱۵- بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=12$

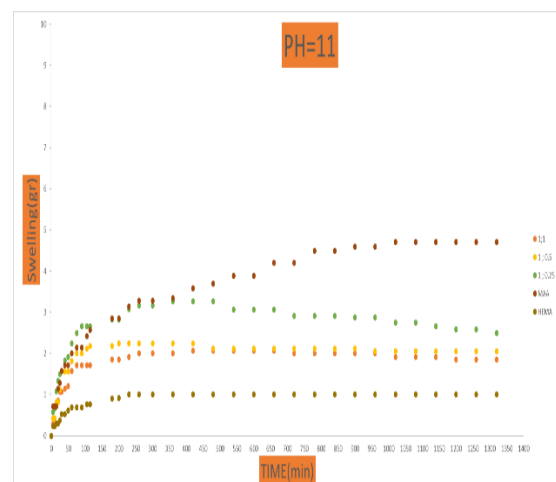
شکل ۱۵ تورم هیدروژل‌ها را در $\text{pH}=12$ نمایش می‌دهد که در این pH ، OH^- و Na^+ و OH^- و H^+ در محیط وجود دارد و غلظت OH^- و Na^+ در محیط بیش‌تر است.

تورم هیدروژل متاکریل آمید نسبت به محیط اسیدی خیلی کم‌تر است و در حدود 7 g/g می‌باشد و هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات تورمش در حدود 1 g/g می‌باشد که نسبت به محیط اسیدی بیش‌تر است و تورم از همه بیش‌تر است چون دافعه‌های شدید یونی به وجود می‌آید و نسبتاً تورم را بالا می‌برد. قابل توجه است که هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات با توجه به ساختارش تورم خیلی کم‌تری در محیط‌های اسیدی نوترال و بازی دارد.



شکل ۱۳: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=10$

شکل ۱۳ تورم هیدروژل‌ها را در $\text{pH}=10$ نشان می‌دهد که مقدار OH^- و Na^+ و OH^- و H^+ در محیط بیش‌تر می‌شود. تورم هیدروژل متاکریل آمید کم‌تر می‌شود حدود 5 g/g زیرا از NH_2 الکترون وارد محیط می‌شود قدرت بازی محیط را افزایش می‌دهد ولی مقدار کمی $\text{RePultion ionic effect}$ وجود دارد و تورم بالاتر از بقیه و در مورد ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات تورم باز کم‌تر از بقیه است چون مقدارش کم‌تر است و در pH اسیدی نسبت وزنی مونومری ۱:۱ کم‌تر از حالت بازی نسبت مونومری ۱:۱ می‌باشد.



شکل ۱۴: بررسی تورم هیدروژل‌های تهیه شده در $\text{pH}=11$

Hydroxyethyl Methacrylate). Bulletin of the Korean Chemical Society, 4(4), 162-169.

[9] Hassan, C.M., Ward, J.H. and Peppas N.A., 2000, Modeling of crystal dissolution of poly (vinyl alcohol) gels produced by freezing / thawing processes , ploymer , vol . 41 , pp . 6729-6739

[10] Bos, G., Verrijck, R., Franssen, O., Besemer, J., Hennink, WE, and Crommelin, DJA., 2001, Hydrogels for controlled release of pharmaceutical proteins, Biopharm. Europe . Vol . 13 PP.64-74.

[11] Melmed, S., Conn, PM., 2005, Endocrinology : Basic and Clinical Principles. Humana Press. 456 p.

[12] Le Roithn, D., Olefsky, JM., Taylor, SI., 2003, Diabetes Mellitus : A Fundamental and Clinical Text . Lippincott Williams & Wilkins . p. 1200.

[13] range, J., Owens, DR., Kang, S., 1990, Volund a Monomeric insulins and their experimental and linical implications . Diabetes Care 13 : 923-954.

[14] Becker, RH., 2007, Insulin glulisine complementing basal insulins : a review of structure and ctivity . Diabetes Technol Ther 9 : 109 -121.

نتیجه گیری

هیدروژل‌های ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و متاکریل آمید و نسبت‌های مونومری ۱:۱ و ۱:۵ و ۱:۲۵:۱ باروش پلیمریزاسیون رادیکال آزاد تهیه شدند. مقدار متاکریل آمید ثابت بود و ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات به نسبت وزنی مونومری ۰/۵ و ۰/۲۵ تغییر کرد. ابتدا هیدروژل‌های تهیه شد و توسط دستگاه FT-IR شناسایی ساختاری شد و سپس تورم این هیدروژل‌ها در pH های ۱ تا ۱۲ بدست آمد که بیشترین تورم هیدروژل‌های ۱:۱ و ۱:۰/۵ و ۱:۰/۲۵ در pH=۱۲ به دست آمد. در نسبت مونومری ۱:۱ تورم در pH=۱۲ حدود ۷g/g و ۱:۰/۵ حدود ۱۱g/g و ۱:۰/۲۵ حدود ۱۷g/g بدست آمد که ماکزیمم تورم هیدروژل ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات در pH= ۱۲ حدود ۱g/g و ماکزیمم تورم متاکریل آمید در pH=۵ و PH=۶ حدود ۱۰g/g بدست آمد.

منابع

- [1] Makhopad hyaya, P., Mishra, R., Roma, D., Kundu, P.P., 2012, Progress in Polymer science , (37), 1457-1475.
- [2] Flory, P.J., 1990, Principle of Polymer Chemistry , Cornell University Press , Ithaca Ny.
- [3] .Makhopadhyay, P., shorsakar , K., Sourov Bhattoch, arya., Aditi Bhattacharya ,Roshnara Mishra, P.P., 2014, Kundu carbohydrate Polymer so, 144-8617 .
- [4] Xiaoliang, Qi ., Yue, Y., Jianfa, Z., Jeff ,W. M., Bulte , and Wei Dong J., 2018, Agric.Foodchem, 66 , (40), 10479-10489.
- [5] Wood, J., Attwood, D., Collett, J., 1981, The swelling properties of poly(2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogels polymerized by gamma-irradiation and chemical initiation. International Journal of Pharmaceutics, 7(3), 189-196.
- [6] Çavuş, S., 2010, Poly(methacrylamide-co -2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid) hydrogels: Investigation of pH- and temperature-dependent swelling characteristics and their characterization. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 48(23), 2497-2508.
- [7] Baker, J. P., Blanch, H. W., & Prausnitz, J. M., 1994, Equilibrium swelling properties of weakly ionizable 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)-based hydrogels. Journal of Applied Polymer Science, 52(6), 783-788.
- [8] Lee, J.-W., Kim, E.-H., Jhon, M.-S., 1983, The Swelling and Mechanical Properties of Hydrogels of Tactic Poly (2-