

## تعیین مدل جذب سیال توسط پلیمرهای بیش اندوز T-A100 و T-A200

سهیلا ابراهیمی، مهدی همایی و ابراهیم و اشقائی فراهانی

به ترتیب دانشجوی دکتری رشته خاکشناسی، دانشیار گروه خاکشناسی و دانشیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

s\_ebrahimi@modares.ac.ir

### مقدمه

کشور ایران با اقلیم خشک و نیمه خشک افزون بر بارندگی اندک، دارای توزیع نامناسبی از آن نیز می‌باشد. از طرفی بخش کشاورزی، عمده ترین مصرف کننده منابع محدود آب کشور می‌باشد. یکی از راههای افزایش بازده آبیاری، استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب می‌باشد که به تازگی کاربردی وسیع در دنیا یافته‌اند. مهمترین مسئله در انتخاب نوع پلیمر مناسب در کشاورزی، تعیین مدل نفوذ آب در پلیمر می‌باشد. سوپر جاذب باید بتواند در حداقل زمان، حداکثر توانایی جذب آب را دارا باشد. جذب سیال به داخل شبکه پلیمر، توسط فرآیند نفوذ کنترل می‌شود. نیروی محرکه در نفوذ، حرکت براونی مولکولی می‌باشد (۴). قوانین فیک توصیفگر انتقال ماکروسکوپی مولکول‌ها می‌باشند، ولی در مورد پلیمرها یا ماکرو مولکول‌ها، محدوده‌ای از رفتارهای نفوذی در این مواد مشاهده گردیده است (۷). در پلیمرهای لاستیکی، نفوذ سیال با وزن مولکولی اندک، عموماً توسط قانون فیک، بیان می‌شود (۳، ۴، ۵). در نفوذ فیکی، اغلب گرادیان سیال نفوذ کننده، بعنوان نیروی محرکه، عمل می‌کند و ضریب نفوذ وابسته به غلظت باشد (۶). فرآیند جذب در پلیمرهای شیشه‌ای علاوه بر پدیده نفوذ مولکولی جزء نفوذکننده که بر اثر حرکت براونی ایجاد می‌شود، تابع پدیده آسایش مولکولی نیز می‌باشد (۸). برای شناسایی حالت‌های انتقال سیال، ابتدا داده‌های میزان تورم بر حسب زمان در دستگاه مختصات رسم می‌شود سپس به طور تقریبی از مطابقت نواحی ابتدایی منحنی داده‌های جذب (۶ درصد اولیه منحنی)، با معادله تجربی زیر استفاده می‌شود:

$$M_t/M_{\infty} = Kt^n \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن،  $M_t$  جرم سیال نفوذ کرده در پلیمر در زمان  $t$ ،  $M_{\infty}$  جرم سیال جذب شده رعایت تعادل می‌باشد.  $n$  (نمای نفوذی و تعیین کننده مکانیسم نفوذ) و  $k$  (ثابت در برگیرنده مشخصه شبکه پلیمر و سیال) است. برای مدل فیکی  $0/5 < n < 1$  برای انتقال غیر فیکی  $n < 0/5$  و

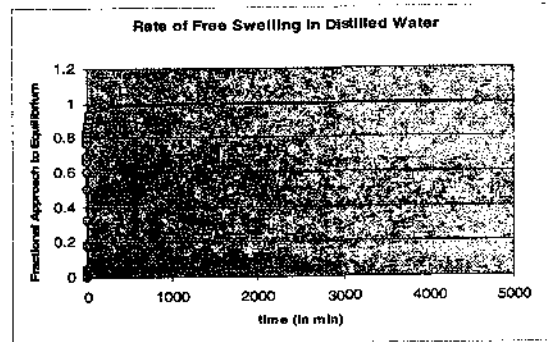
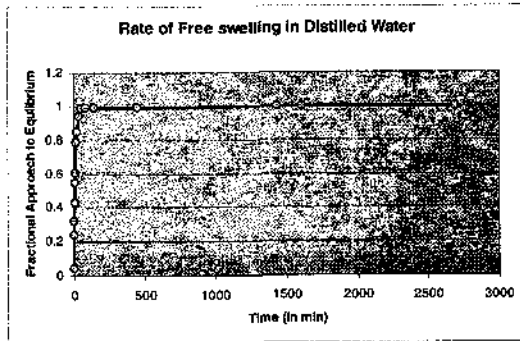
برای حالت بینابینی  $n=1$  می‌باشد. در انتخاب پلیمر مناسب، با بررسی منحنی جذب سیال توسط پلیمر، تناسب آن برای هدف مورد نظر ارزیابی می‌گردد.

### مواد و روش‌ها

برای بررسی مدل جذبی سیال توسط پلیمر، رفتار تورمی ژلها با زمان، مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور نمونه‌های پلیمرهای ابرجاذب T-A200 و T-A100 سنتز شده توسط پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، به طور کامل در آون خشک شده و با الک مش ۲-۱ میلی‌متر غربال شدند. تورم آزاد نمونه‌ها (ظرفیت و نرخ تورم) با روش کیسه چای بررسی شد (۲). به این منظور، ابتدا نمونه‌های تهیه شده در مقدار آب کافی قرار داده شد تا ناخالصی‌های احتمالی و مونومرهای واکنش نیافته از شبکه پلیمری خارج شود. سپس نمونه‌ها در آون تا خشک شدن کامل قرار گرفت. ۰/۰۵ گرم از نمونه‌های خشک شده، توزین گردیده و در صافی‌های پارچه‌ای با قدرت ناچیز جذب آب قرار داده و در محیط تورم، شامل ارلن ۲۵۰ سی‌سی محتوی آب مقطر غوطه‌ور گردید. پس از شروع آزمایش، هر یک از صافی‌ها ۱۰ مرتبه در حالت‌تر، در شرایط مشابه آزمون، توزین شده و میانگین وزن آن محاسبه گردید. پس از ۴۸ ساعت نمونه‌های متورم شده دوباره وزن شدند. درصد نهایی جذب به صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۲)} \quad \frac{M - M_0}{M_0} \times 100 = \frac{M_{eq}}{M_0}$$

این آزمایش‌ها ۳ بار تکرار شده و مقادیر مندرج در منحنی‌ها میانگین نتایج مذکور می‌باشد.



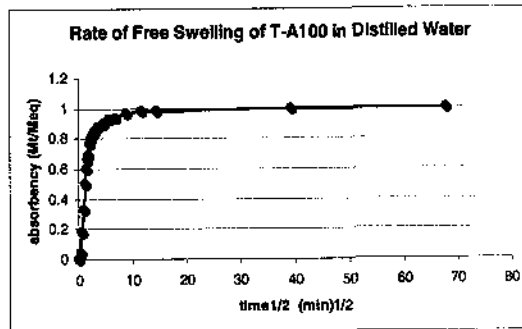
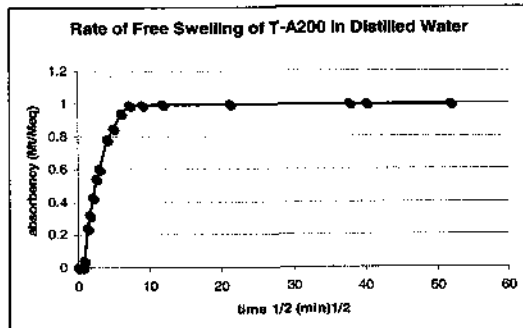
شکل (۱) شدت تورم آزاد پلیمر T-A100 (سمت راست) و پلیمر T-A200 (سمت چپ) در مجاورت آب مقطر

یک از این آزمایشها سه بار تکرار شد و مقادیر مندرج، میانگین نتایج مذکور می‌باشند.

$$\text{رابطه (۳)} \quad = \frac{M_w - M_o}{M_o} \times 100 = \frac{Mt}{M_o}$$

این عمل تا زمان ثابت شدن نرخ میزان، ادامه یافت و به این ترتیب داده‌های لازم برای تعیین سینتیک تورم ژل تا رسیدن به حالت تعادلی بدست آمد و نمودار آن براساس درصد تورم به جز زمان ترسیم گردید.

برای تعیین سینتیک جذب سیال (تعیین تغییرات میزان جذب آب توسط ژل با زمان)، نمونه‌های ۰/۰۵ گرمی از پلیمر تهیه و در کیسه‌های مخصوص در آب مقطر غوطه‌ور شدند. سپس در زمان‌های متوالی، صافی حاوی نمونه‌های در حال تورم، از محیط خارج شده و به مدت یک دقیقه آویزان می‌گردد تا آب اضافی آن (آب بین ذرات و روی سطوح آنها) زدوده شود. بعد از آن، سطح نمونه و صافی توسط یک برگ کاغذ خشک‌کن دو لایه خشک و نمونه با دقت ۰/۰۱ گرم توزین می‌شود. هر



شکل (۲) سینتیک جذب سیال توسط پلیمر های مورد آزمون

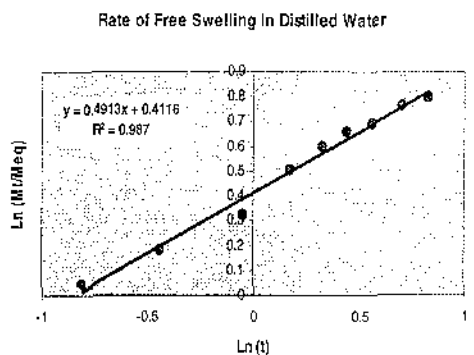
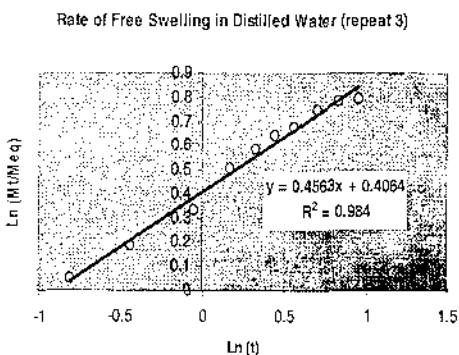
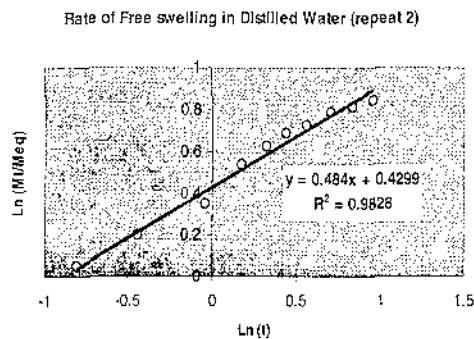
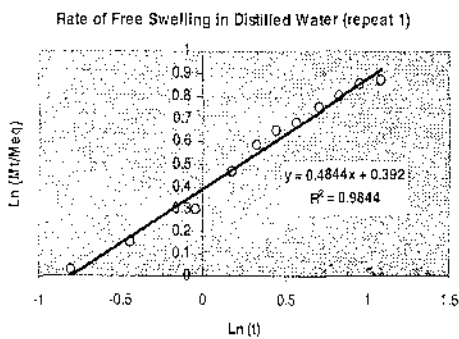
مبدأ آنها معادل  $k$  خواهد بود. به این ترتیب برای محاسبه ضرایب  $n$  و  $K$ ، داده‌های تورمی با تبدیل لگاریتم طبیعی ( $\ln$ )، دوباره محاسبه و رسم شدند.

با محاسبه شیب خطوط تقریباً راست در شکل‌های بالا، نتایج زیر در مورد ضرایب  $n$  و  $k$  برای تورم پلیمرهای مورد مطالعه بدست آمده است.

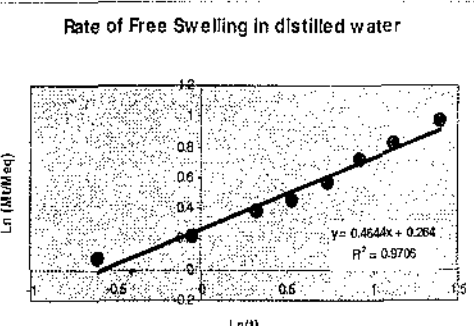
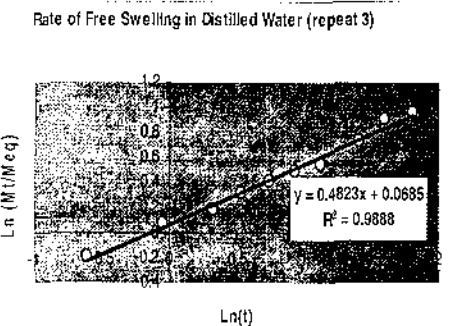
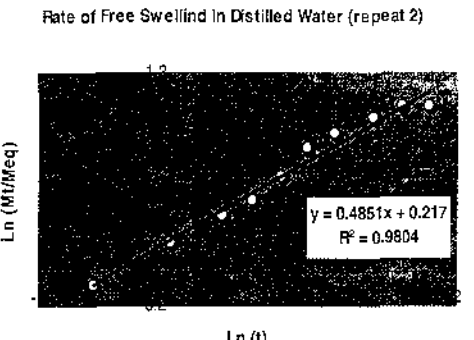
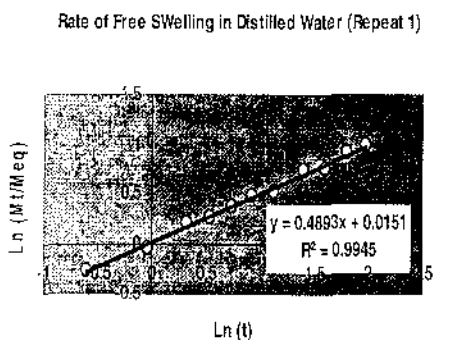
برای محاسبه ضرایب  $n$  و  $k$  داده‌های تورمی با تبدیل لگاریتم دوباره محاسبه و رسم می‌شوند.

$$\text{رابطه (۴)} \quad \text{Log [Mt/Meq]} = \text{Log } k + n \text{Log } t$$

با توجه به رابطه فوق، با قراردادن مقادیر لگاریتمی نمودار سینتیک تورم ژل، نمودارهای خطی بدست می‌آیند که شیب خط معادل  $n$  و عرض از



شکل (۳) شدت تورم آزاد پلیمر T-A100 در مجاورت آب مقطر با سه تکرار



شکل (۴) شدت تورم آزاد پلیمر T-A200 در مجاورت آب مقطر با سه تکرار

جدول (۱) نتایج ضرایب  $n$  و  $K$  محاسبه شده از داده‌های تورمی پلیمرهای مورد آزمون

شماره نمونه	تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۳	میانگین
$n$ (T- A100)	0/4844	0/4840	0/4563	0/4913
$n$ (T- A200)	0/48۹۳	0/48۵۱	0/48۲3	0/4644

همانطور که مشاهده می‌شود، در همه موارد  $n$  کوچکتر از ۰/۵ می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت که سازو کار انتقال حلال به درون شبکه‌های پلیمرهای مذکور، از نوع فیک می‌باشد.

#### منابع مورد استفاده

5-Duda, J. L. and J. S. Vrentas. 1971. Mathematical analysis of sorption experiments. Journal of ALCHI, 17: 464-469.

6- Kazanskii, K. S. and S.A. Dubrouski. 1992. Chemistry and physics of agricultural hydrogels. Journal of Advance Polymer Science, 101: 97-133.

7- Kim, S. J., S. R. Shin., Y. M. Lee, and S. I. Kim. 2003. Swelling characterizations of Chitosan and Polyacrylonitrile semi-interpenetrating polymer network hydrogels. Journal of Applied Polymer Science, 87: 2011-15.

8-Rockett, T. J. and V. Rose. 2003. Water diffusion in hull materials. Department of Chemical Engineering., Rhode Island University Press, Kingston. 555.

۱- بی‌نام. ۱۳۷۸. معاونت برنامه‌ریزی و بودجه. وزارت کشاورزی، کشاورزی ایران در یک نگاه. ۹۱ ص.

۲- نادری، ف. ۱۳۷۵. بررسی رفتار تورمی هیدروژلها در محیط متخلخل. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۰ ص.

3- Buckley, D. J. and M. Berger. 1962. The swelling of polymer system in solvents. 2-Mathematical of diffusion. Journal of Polymer Science, 56:175-187.

4-Crank, J. 1975. The mathematics of diffusion. Oxford Univ, London.