

## مقایسه خواص فیزیکی محلول های دو جزئی آب نرم - کلرید سدیم و آب سخت -

### کلرید سدیم

عباسعلی عربی<sup>۱\*</sup>، علی عموزاده<sup>۲</sup>، عاطفه زیاری<sup>۲</sup>، ساناز گلیان<sup>۲</sup>

۱-دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی شیمی، نفت، گاز

۲-دانشگاه سمنان، پردیس علوم، گروه شیمی کاربردی

تاریخ دریافت: ۱۹/۹/۱۷

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۰

### چکیده

اطلاع از خواص فیزیکی و ترمودینامیکی محلول ها از اهمیت علمی و صنعتی زیادی برخوردار است. در پژوهش حاضر خواص فیزیکی شامل دانسیته، ویسکوزیته، ضریب شکست و هدایت الکتریکی محلول های دو جزئی کلرید سدیم با غلظت ۲۰-۱۰ درصد وزنی در دو نوع آب نرم و آب سخت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد مورد اندازه گیری قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می دهد خواص فیزیکی فوق الذکر با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۱۰ تا ۲۰ درصد سیر صعودی دارد. همچنین میزان افزایش خواص فیزیکی در محلول آب نرم- کلرید سدیم از آب سخت-کلرید سدیم بیشتر است.

**واژه های کلیدی:** محلول دو جزئی، آب، کلرید سدیم، خواص فیزیکی

### مقدمه

خواص فیزیکی و ترمودینامیکی مواد معدنی محلول در آب از نظر علمی و صنعتی قابل ملاحظه و باارزش هستند. دانستن خواص فیزیکی و اطلاعات مربوط به تعادلات فازی محلول ها به منظور تعیین ناحیه امتزاج پذیری اجزاء سیستم به داشتن بینش عمیق تری در مورد نیروهای بین مولکولی اجزاء سیستم، هیدراتاسیون (آب پوشی) نمک های معدنی و انتخاب حلال آلی مناسب برای استخراج جامد-مایع کمک می کند.<sup>۱-۵</sup> کارهای تحقیقاتی زیادی در مورد خواص

مقایسه خواص فیزیکی محلول های دو جزئی آب نرم. . .

محلول های آبی شامل کلرید سدیم صورت گرفته است.<sup>۶-۸</sup> پین هو و ماسدو<sup>۹</sup> تحقیقات مفصلی بر روی مدل سازی تعادلات جامد-مایع مربوط به سیستم های آب-اتانول-کلرید سدیم و آب-متانول-کلرید سدیم انجام داده اند. سانتوز<sup>۱۰</sup> به بررسی تاثیر کلرید سدیم در تعادلات فازی مایع-مایع سیستم آب-استن-بوتانول به منظور پیش بینی پارامترهای برهمکنش پرداخته است. چنلو<sup>۷</sup> ویسکوزیته و دانسیته محلول های دو جزئی آب-کلرید سدیم و سه جزئی آب-کلرید سدیم-ساکاروز به منظور کاربرد در فرایند اسمز مورد استفاده در صنایع غذایی را مورد مطالعه قرار داده است. در بعضی از هند بوک ها خواص فیزیکی محلول آب و نمک کلرید سدیم در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد موجود است.<sup>۱۱-۱۲</sup> بعضی از محققان خواص فیزیکی محلول آب و کلرید سدیم در گستره ای از دما را اندازه گیری کرده اند.<sup>۱۳-۱۴</sup>

در پژوهش حاضر خواص فیزیکی نظیر دانسیته، ویسکوزیته، ضریب شکست و هدایت الکتریکی محلول های دو جزئی آب نرم-کلرید سدیم و آب سخت-کلرید سدیم مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج حاصل به صورت توامان مقایسه شده اند و تاثیر وجود سختی در آب بر روی خواص فیزیکی نشان داده شده است. نتایج به دست آمده می تواند در فرایند جداسازی و تولید نمک مورد استفاده واقع گردد.

## مواد تجربی

در این تحقیق از آب نرم دو بار تقطیر عاری از یون، آب سخت با سختی ۳۰۰ ppm و نمک کلرید سدیم گرید خوراکی با خلوص بالای ۹۸ درصد استفاده شد.

## روش ها و دستگاه ها

آب و نمک با استفاده از ترازوی دیجیتالی ساخت کشور ژاپن مدل AND GF-600 با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند و به مدت ۵ دقیقه در یک ارلن ۱۰۰ میلی لیتری با استفاده از همزن مگنت دار آزمایشگاهی ساخت کشور انگلیس مدل STUART SM27 عمل انحلال صورت گرفت. سپس محلول حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد. محلول های صاف شده به عنوان نمونه مورد آزمایش جهت اندازه گیری خواص فیزیکی مورد استفاده قرار گرفت. ویسکوزیته محلول با ویسکومتر از نوع استوالد اندازه گیری شد که قطر درونی لوله موئین آن ۰/۹ میلی متر بود. فرض شد که ویسکوزیته و مدت زمان شارش در ویسکومتر با معادله زیر به هم مرتبط هستند.

$$\mu = A\rho ht$$

A، مشخصه ثابت ویسکومتر و برابر با  $10^{-4} \times 1/0.8 \text{ cm}^2/\text{s}^2$ ،  $\rho$  دانسیته محلول، h فاصله دو سطح مایع در ویسکومتر و t مدت زمان شارش سیال است. ضریب شکست محلول با استفاده از رفرآکتومتر ساخت کشور بلژیک مدل ABBE CETI و

با دقت  $0.0001$  اندازه گیری شد. از دستگاه هدایت سنج ساخت کشور انگلیس مدل WPA CM 35 هدایت الکتریکی محلول ها با دقت  $10^{-6}$  siemens \* ۱ اندازه گیری شد.

### نتایج و بحث

در جداول (۱) و (۲) خواص فیزیکی اندازه گیری شده شامل دانسیته، ویسکوزیته، ضریب شکست و هدایت الکتریکی محلول های دو جزئی آب نرم-کلرید سدیم و آب سخت-کلرید سدیم در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد آورده شده است.

جدول ۱: خواص فیزیکی محلول آب نرم-کلرید سدیم

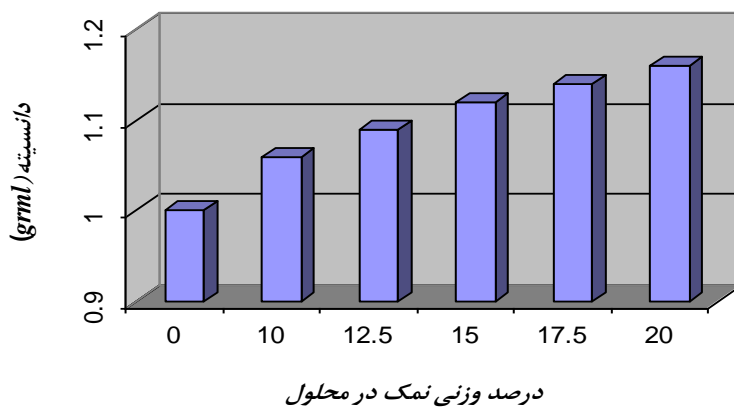
شماره	درصد وزنی نمک در محلول	$\rho$ (gr/ml)	$\mu$ (gr/cm.s)	k (siemens $1 \cdot 10^{-2}$ )	$n_D^{20}$
۱	۰	۱/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰۴	۱/۳۳۲۰
۲	۱۰	۱/۰۶	۰/۱۱۲	۱/۳	۱/۳۴۹۴
۳	۱۲/۵	۱/۰۹	۰/۱۱۹	۱/۴	۱/۳۵۲۳
۴	۱۵	۱/۱۲	۰/۱۲۷	۱/۷	۱/۳۵۷۸
۵	۱۷/۵	۱/۱۴	۰/۱۳۵	۱/۸	۱/۳۶۳۳
۶	۲۰	۱/۱۶	۰/۱۴۴	۱/۹	۱/۳۶۶۰

جدول ۲: خواص فیزیکی محلول آب سخت-کلرید سدیم

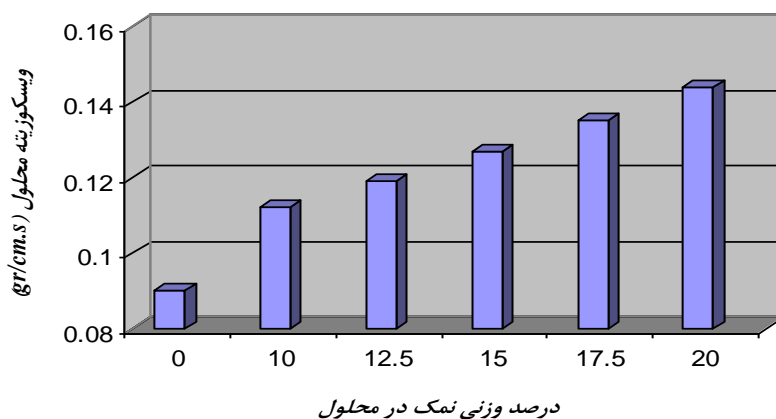
شماره	درصد وزنی نمک در محلول	$\rho$ (gr/ml)	$\mu$ (gr/cm.s)	k (siemens $1 \cdot 10^{-2}$ )	$n_D^{20}$
۱	۰	۱/۰۰۴	۰/۰۹۲	۰/۶۱	۱/۳۳۳۹
۲	۱۰	۱/۰۸۲	۰/۱۱۰	۱/۷	۱/۳۵۰۵
۳	۱۲/۵	۱/۰۹۴	۰/۱۱۳	۱/۸	۱/۳۵۳۶
۴	۱۵	۱/۱۱۲	۰/۱۲۰	۲	۱/۳۵۸۸
۵	۱۷/۵	۱/۱۲۷	۰/۱۲۹	۲/۳	۱/۳۶۴۲
۶	۲۰	۱/۱۵۲	۰/۱۴۰	۲/۵	۱/۳۶۷۳

مقایسه خواص فیزیکی محلول های دو جزئی آب نرم. . .

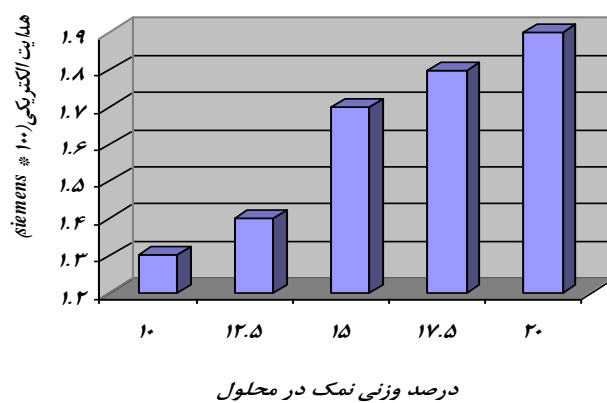
نمودارهای مربوط به خواص فیزیکی دانسیته، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی و ضریب شکست محلول های آب نرم- کلرید سدیم در ۲۵ درجه سانتی گراد بر حسب درصد وزنی نمک در اشکال (۱) تا (۴) نشان داده شده است.



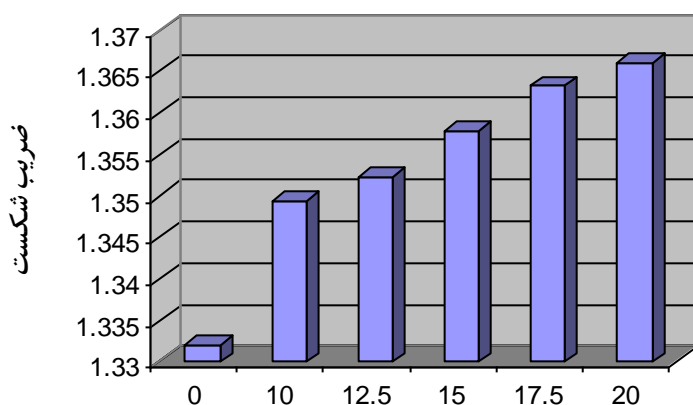
شکل ۱: دانسیته محلول آب نرم- کلرید سدیم



شکل ۲: ویسکوزیته محلول های آب نرم- کلرید سدیم



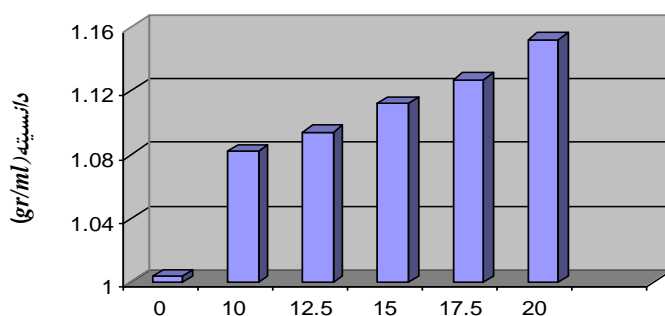
شکل ۳: هدایت الکتریکی محلول های آب نرم- کلرید سدیم



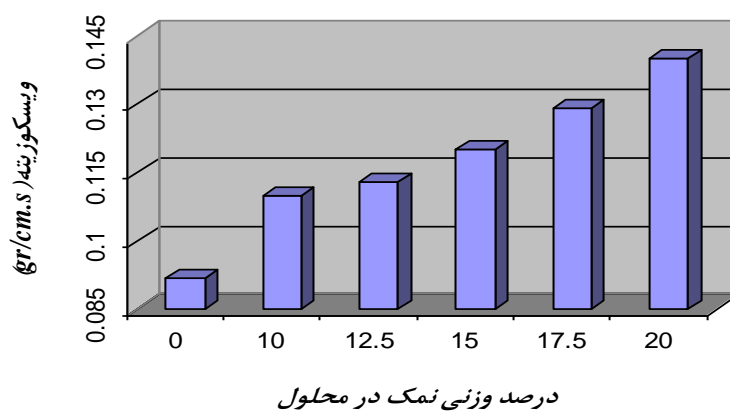
شکل ۴: ضریب شکست محلول های آب نرم- کلرید سدیم در درصد وزنی نمک در محلول

از نمودارهای فوق می توان مشاهده کرد که با افزایش غلظت کلرید سدیم در محلول آب نرم- کلرید سدیم در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد خواص فیزیکی مانند دانسیته، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی و ضریب شکست محلول افزایش می یابد. میزان دانسیته، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی و ضریب شکست محلول آب نرم- کلرید سدیم از غلظت ۱۰ تا ۲۰ درصد کلرید سدیم به ترتیب به میزان ۹/۵، ۲۸/۵، ۴۶/۲ و ۱/۲ افزایش یافته است.

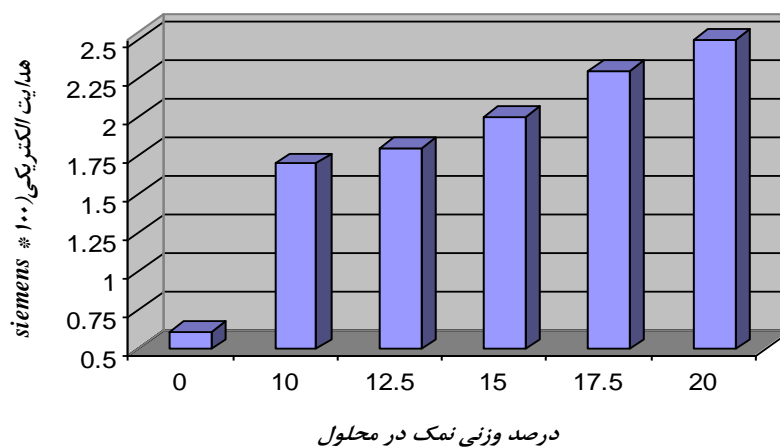
نمودارهای دانسیته، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی و ضریب شکست محلول های آب سخت - کلرید سدیم بر حسب درصد وزنی نمک در اشکال (۵) تا (۸) نشان داده شده است.



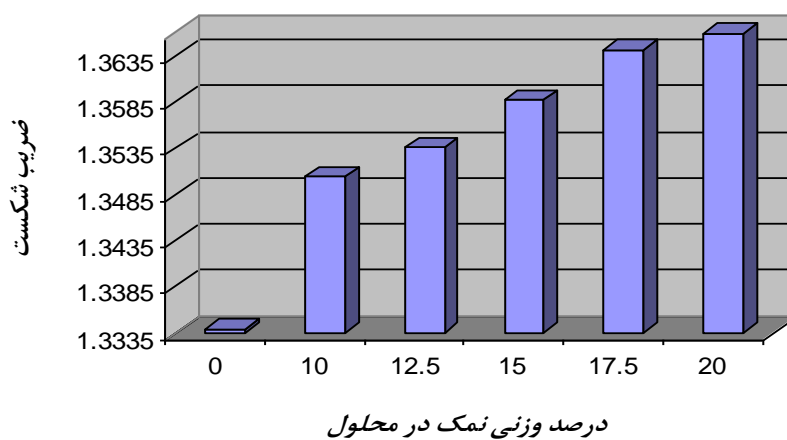
شکل ۵: دانسیته محلول آب سخت- کلرید سدیم در درصد وزنی نمک در محلول



شکل ۶: ویسکوزیته محلول های آب سخت - کلرید سدیم



شکل ۷: هدایت الکتریکی محلول های آب سخت د- کلرید سدیم



شکل ۸: ضریب شکست محلول های آب سخت - کلرید سدیم

میزان دانسیته، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی و ضریب شکست محلول آب سخت-کلرید سدیم از غلظت ۱۰ تا ۲۰ درصد کلرید سدیم به ترتیب به میزان ۶/۵، ۲۷/۳، ۴۷ و ۱/۲ افزایش یافته است. نتایج حاصل با نتایج به دست آمده توسط چنلو<sup>۷</sup> و ساوامورا<sup>۱۴</sup> و بوهون<sup>۱۵</sup> و کوروسی<sup>۱۶</sup> مطابقت دارد. همچنین با افزایش کلرید سدیم به آب با توجه به میزان نرمی و سختی آب مقدار افزایش در خواص فیزیکی متفاوت است، به این صورت که مقادیر مربوط به خواص فیزیکی در محلول آب نرم-کلرید سدیم از آب سخت-کلرید سدیم بیشتر است.

## مراجع

- 1- A.W. Francis, Liquid-Liquid Equilibriums, Interscience Publ., New York, 1963.
- 2- E. Soczewinski, T. Wolski, K. Jurkiewicz, Ann. UMCS AA XIX (1964) 25-32.
- 3- T. Wolski, K. Jurkiewicz, Przem. Chem. 46 (1967) 164-168 (In Polish).
- 4- I.M. Korenman, Extraction in Analysis of Organic Compounds, Izd. Khimia, Moscow, 1977 (in Russian).
- 5- P.W. Atkins, Physical Chemistry, Oxford University Press, Oxford, 1990.
- 6- Kazimierz Jurkiewicz" Phase equilibrium in the system of water, alcohol or ketone, and sodium chloride "Fluid Phase Equilibria 251 (2007) 24-28
- 7- F. Chenlo \*, R. Moreira, G. Pereira, A. Ampudia , Viscosities of aqueous solutions of sucrose and sodium chloride of interest in osmotic dehydration processes Journal of Food Engineering 54 (2002) 347-352
- 8- Daojun Liu, Jiming Ma \*, Humin Cheng and Zhenguo Zhao , " Solubilization behavior of mixed reverse micelles: effect of surfactant component, electrolyte concentration and solvent ",
- 9- S.P. Pinho, E.A. Macedo, Fluid Phase Equilib. 116 (1996) 209-216
- 10- F.S. Santos, S.G. d'Avila, M. Aznar, Fluid Phase Equilib. 187-188 (2001) 265-274
- 11- Lide, D. R. (1992). CRC handbook of chemistry and physics (73rd ed.). New York: Chemical Rubber Publishing Inc.
- 12- Weast, R. C. (1987). CRC handbook of chemistry and physics (67th ed.). Boca Raton, FL: Chemical Rubber Publishing Inc.
- 13- Korosi, A., & Fabuss, B. M. (1968). Viscosities of binary aqueous solutions of NaCl, KCl, Na2SO4 at concentrations and temperatures of interest in desalination processes. Journal of Chemical Engineering Data, 13, 548-552.

14- Sawamura, S., Yoshimura, Y., Kutamura, K., & Taniguchi, Y. (1992). Effects of pressure, temperature, and concentration of the viscosity of an aqueous solution of sodium chloride. *Journal of Physical Chemistry*, 96, 5526–5529

15- Bohuon, P., Le Maguer, M., & Raoult-Wack, A. L. (1997). Densities and viscosities of ternary systems of NaCl–sucrose–water . *Journal of Chemical Engineering Data*, 42, 266–269.

16- Korosi, A., & Fabuss, B. M. (1968). Viscosities of binary aqueous solutions of NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at concentrations and temperatures of interest in desalination processes. *Journal of Chemical Engineering Data*, 13, 548–552.