

تأثیر غلظت الکترولیت روی تشکیل و پایداری نانوامولسیونهای سیستم
n-هگزادکان / Brij۳۰/ آب تهیه شده توسط روش دمای معکوس فاز

علی محمد آسترکی*، امیر عبدالله مهرداد شریف

گروه شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پرویز آبرومندآذر

گروه شیمی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

شهرام مرادی، سعید عابدینی خرمی

گروه شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۱۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۱۸

چکیده

مقدمه: نانو امولسیونها، امولسیونهایی شفاف یا نیمه شفاف (در گستره ۵۰ تا ۲۰۰ نانومتر) یا شیری رنگ (بالتر تا ۵۰۰ نانومتر) می باشند. نانوامولسیونها کاربردهای مختلف صنعتی دارند، بعنوان مثال، در تهیه محیط واکنش برای پلیمریزاسیون، ساخت مواد آرایشی و بهداشتی، دارویی و مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی کاربرد دارند.

هدف: در این تحقیق تشکیل نانوامولسیون توسط روش دمای معکوس فاز در سیستم نرمال هگزادکان- Brij ۳۰-آب مورد مطالعه قرار گرفته است و اثر تغییرات غلظت NaCl در فاز آبی، بر روی دمای معکوس فاز سیستم (PIT) بررسی شده و پایداری نانوامولسیونهای تهیه شده با گذشت زمان نیز مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این تحقیق سیستم n-هگزادکان/Brij۳۰/آب با ۲۰٪ n-هگزادکان و ۸٪ Brij۳۰ و ۷۲٪ محلول NaCl به عنوان مینا انتخاب شد و غلظت NaCl تغییر داده شد و PIT های متناظر سیستم توسط روش هدایت سنجی اندازه گیری شد و نانوامولسیونها در دماهای PIT متناظر تهیه شدند. میزان درصد عبور پرتو مرئی در

*عهده دار مکاتبات: am_astaraki@yahoo.com، تلفن: ۰۶۶۵-۴۲۴۵۰۰۶، فکس: ۰۶۶۵-۴۲۲۶۲۶

طول موج ۶۰۰ نانومتر از محیطهای نانو امولسیون تهیه شده، جهت مقایسه ابعاد و بررسی پایداری آنان با گذشت زمان اندازه گیری شد، سپس ابعاد قطرات نمونه های انتخابی توسط دستگاه TEM اندازه گیری گردید.

نتایج: نتایج کاهش تدریجی PIT از ۴۱ °C به ۲۶ °C با افزایش غلظت محلول NaCl از ۰/۰۱ به ۱/۰۰ مولار را نشان می دهد. در همه غلظتهای NaCl در فاز آبی نانو امولسیون به غیر از غلظتهای ۱/۰۰ و ۰/۵۰ مول بر لیتر تغییرات درصد عبور تا ۳۳۶ ساعت اولیه تقریباً ثابت مانده است. میانگین قطرهای قطرات نانو امولسیونهای با غلظت NaCl ۰/۰۵، ۰/۱۰ و ۰/۲۵ مولار فاز آبی به ترتیب ۱۰، ۷ و ۱۰ نانومتر با انحرافهای استاندارد ۸/۵۰، ۳/۲۷ و ۵/۱۰ می باشند.

نتیجه گیری: نتایج به دست آمده نشان داد که اولاً با افزایش غلظت NaCl در فاز آبی امولسیون مقدار PIT کاهش می یابد، ثانیاً درصد عبور نانو امولسیونها در غلظتهای پایین تر NaCl در فاز آبی در دمای محیط (۲۵ °C) تغییرات خیلی کمی داشته که نشان دهنده پایداری بالای آنها می باشد ولی در غلظتهای بالاتر میزان عبور در ۲۵ °C به سرعت کاهش یافته که نشان دهنده ناپایداری نانو امولسیون در این دما می باشد. در نهایت، میانگین ابعاد قطرات اندازه گیری شده نانو امولسیونهای انتخابی توسط دستگاه TEM نسبت به دیگر نانو امولسیونهای تهیه شده توسط دیگر محققان بسیار پایین تر می باشد.

واژه های کلیدی: نانو امولسیون، دمای معکوس فاز، تشکیل و پایداری امولسیون، PIT.

مقدمه

نانو امولسیونها که در برخی مراجع به عنوان امولسیونهای ریز،^(۵-۱) امولسیونهای فوق العاده ریز،^(۶ و ۷) امولسوئیدها،^(۸-۱۰) میکرو امولسیونهای ناپایدار،^(۱۱ و ۱۲) امولسیونهای زیر میکرومتر^(۱۲ و ۱۳) نیز نامیده می شوند، گروهی از امولسیونها با ابعاد قطرات در مقیاس نانومتری هستند (عمدتاً در گستره بین ۵۰ تا ۵۰۰ نانومتر^(۱۴)). از نظر ظاهری در محدوده ابعادی ۵۰ تا ۲۰۰ نانومتر شفاف یا نیمه شفاف و بالاتر از آن تا ۵۰۰ نانومتر شیری رنگ می باشند.^(۱۵-۱۸) بر خلاف میکرو امولسیونها که آنها نیز شفاف هستند و از نظر ترمودینامیکی پایدارند، نانو امولسیونها فقط از نظر سینتیکی پایدارند. به هر حال پایداری فیزیکی بلند مدت نانو امولسیونها (بدون انعقاد یا تجمع قطرات) آنها را بی نظیر ساخته به گونه ای که برخی از محققین آنها را به پایداری ترمودینامیکی نزدیک می دانند.^(۱۹) به علت سیستم های غیر تعادلی، برای تشکیل نانو امولسیونها نیاز به انرژی خارجی می باشد. دو روش اصلی برای تهیه نانو امولسیونها وجود دارد ۱- روشهای پراکندگی یا پراثری ۲- روشهای تراکمی یا کم انرژی^(۲۰) در روشهای پراکندگی یا پراثری انرژی ورودی توسط همزن های با قدرت برش بالا به همراه هموزنه کننده های پر فشار و ژنراتورهای مافوق صوت تأمین می شود. به هر حال برای بدست آوردن نانو امولسیونهای با ابعاد قطرات کوچک، مقدار زیادی انرژی مکانیکی مورد نیاز می باشد. این روش تهیه برای کاربردهای صنعتی غیر ممکن می باشد. روشهای تراکمی یا کم انرژی از انتقالات فاز حاصل شده در طی فرآیند امولسیون سازی به علت تغییر در انحناء خودبخود سورفاکتانت بهره می گیرد. این تغییر انحناء میتواند از دو طریق حاصل شود: ترکیب ثابت نگه داشته شود در حالیکه دما تغییر می کند.

(روش دمای معکوس فاز یا PIT)،^(۱۵ و ۱۹ و ۲۱-۲۶) یا دما ثابت نگهداشته شود و ترکیب تغییر داده شود (روش نقطه معکوس امولسیون، EIP).^(۲۷ و ۲۸)

تهیه نانو امولسیونهای پایدار شده با سورفاکتانت های غیر یونی بطور وسیعی با روشهای پراکندگی^(۲۹ و ۳۰) و نیز روشهای تراکمی^(۱۴-۲۶) گزارش شده است. در روشهای کم انرژی برای نانو امولسیونهای روغن در آب (O/W)، تغییر انحناء لازم برای به دست آوردن نانو امولسیونها به سه طریق امکان پذیر است. اول با تغییر درجه هیدراسیون زنجیرهای پلی اکسی اتیلن در سورفاکتانت های غیر یونی پلی اکسی اتیلن، دوم با تغییر دما (روش PIT) و سوم با تغییر میزان آب (روش EIP).

روش PIT بر اساس تغییر حلالیت سورفاکتانت غیر یونی پلی اکسی اتیلن با تغییرات دما عمل می کند.^(۲۹) سورفاکتانت در دماهای پایین هیدروفیلی بوده اما با افزایش دما به علت هیدراسیون زنجیرهای پلی اکسی اتیلن لیوفیلی می شود. در دماهای پایین، سورفاکتانت تک لایه دارای انحناء خودبخود مثبت زیاد می باشد. فازهای محلول، میسلهای متورم روغنی (یا میکروامولسیونهای O/W) تشکیل می دهند که ممکن است همراه با فاز اضافی روغن باشد. در دماهای بالا، انحناء خودبخود منفی شده و میسلها تغییر وضعیت می دهند و به شکل متورم آبی (یا میکروامولسیونهای W/O) که همراه با فاز اضافی آب می باشد تبدیل می شوند. در دمای بحرانی، دمای موازنه هیدروفیلی-لیوفیلی (HLB) انحناء خودبخود صفر شده و فاز میکروامولسیون دوپیوسته تشکیل می شود که شامل مقادیر قابل مقایسه فازهای آب و روغن همراه با فازهای اضافی آب و روغن می باشد.^(۲۲) روش امولسیون سازی PIT دارای مزیت کشش سطح مشترک فوق العاده پایین در دمای HLB می باشد. با وجود این هر چند امولسیون سازی در دمای HLB خودبخود است، سرعت تجمع فوق العاده سریع و امولسیونها خیلی ناپایدارند. بوسیله سرد یا گرم کردن سریع امولسیونهای تهیه شده در دمای HLB امولسیونهای پایدار سنتتیک (بترتیب O/W یا W/O) با ابعاد خیلی کوچک تولید می شود.^(۲۲) اگر فرآیند سرد کردن یا گرم کردن سریع نباشد، تجمع ارجح بوده و امولسیونهای پلی پراکنده درشت تشکیل می شود.^(۳۱)

در همه موارد مشخص شده است که نانو امولسیونهای با ابعاد قطرات کوچک بوسیله روشهای تراکمی در سیستم های غیر یونی تشکیل می شود، در طول فرآیند امولسیون سازی و نزدیک منطقه تشکیل نانو امولسیونها، کل روغن (برای نانو امولسیونهای O/W^(۱۴ و ۱۹)) یا کل آب (برای نانو امولسیونهای W/O^(۳۲)) در یک فاز تنها می تواند میکروامولسیون دوپیوسته (D) یا مایع کریستال لایه لایه (La) تشکیل دهد.^(۱۴ و ۱۹)

نانو امولسیونها کاربردهای مختلف صنعتی دارند،^(۳۳-۳۷) بعنوان مثال، در تهیه محیط واکنش برای پلیمریزاسیون، ساخت مواد آرایشی و بهداشتی و مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی کاربرد دارند. تمایل به استفاده از نانو امولسیون به دلایل زیر میباشد. ۱- ابعاد قطرات خیلی کوچک باعث کاهش زیاد نیروی وزن شده و نفوذ براونی ممکن است مانع هر گونه لخته شدن یا ته نشینی قطرات شود. ۲- ابعاد کوچک قطرات و پایداری سنتتیک بالا، نانو امولسیونها را برای تحویل موثر عوامل فعال (بعلت سطح موثر بالا) و نفوذ در میان بافت ناهموار پوست مناسب می سازد،^(۳۸) ۳- بر خلاف میکروامولسیونها که غلظت بالای سورفاکتانت برای تهیه نیاز دارند (معمولاً در گستره ۱۰ تا ۳۰ درصد)، نانو امولسیونها در غلظت متوسط سورفاکتانت می توانند تهیه شوند (در گستره ۴ تا ۸ درصد).

در این تحقیق سیستم n-هگزادکان/Brij30/آب با ۲۰٪ n-هگزادکان و ۸٪ Brij30 و ۷۲٪ محلول NaCl به عنوان مبنا انتخاب شد و غلظت NaCl تغییر داده شد و PIT های متناظر سیستم توسط روش هدایت سنجی اندازه گیری شد و نانوامولسیونها در دماهای PIT متناظر تهیه شدند. میزان درصد عبور پرتو مرئی در طول موج ۶۰۰ نانومتر از محیطهای نانو امولسیون تهیه شده، جهت مقایسه ابعاد و بررسی پایداری آنان با گذشت زمان اندازه گیری شد، سپس ابعاد قطرات نمونه های انتخابی توسط دستگاه TEM اندازه گیری گردید.

مواد و روشها

مواد

N- هگزادکان با خلوص ۹۹٪ و NaCl با خلوص ۹۹/۹٪ از شرکت مرک و Brij30 (پلی اکسی اتیلن ۴- لائوریل اتر) از شرکت سیگما- آلد ریچ تهیه شدند. آب دوبار تقطیر نیز برای تهیه محلولهای NaCl استفاده شد.

روشها

تعیین دمای معکوس فاز

دمای موازنه هیدروفیلی- لیوفیلی با استفاده از روش هدایت الکتریکی توسط دستگاه هدایت سنج (از نوع HORIBA ES-14E) تعیین شد.^(۱۹ و ۲۴) امولسیونهای شامل ۲۰٪ وزنی n-هگزادکان و ۸٪ وزنی سورفاکتانت Brij30 و ۷۲٪ وزنی محلول NaCl با غلظت های مختلف توسط تکان دادن دستی در دمای آزمایشگاه (۲۵°C) تهیه شدند. امولسیون بتدریج گرم شد و هدایت بصورت تابعی از دما اندازه گیری شد. دمای HLB میانگین دمای حداکثر و حداقل هدایت در نظر گرفته شده بعنوان دمای معکوس فاز امولسیون O/W به W/O در نظر گرفته شد.

امولسیون سازی بوسیله روش PIT

نانوامولسیونهای روغن در آب به این صورت تهیه شد که ابتدا فاز روغن شامل سورفاکتانت و فاز آبی شامل غلظت های مختلف NaCl بطور جداگانه تا دمای ۱۵°C بالای PIT با توجه به غلظت NaCl در فاز آبی گرم شدند. سپس در آن دما فاز آبی داخل فاز روغنی ریخته شد و مخلوط از منبع گرمایی خارج گردید و همراه با همزدن دستی در شرایط محیط تا دمای PIT متناظر سرد شد. این مرحله سرد کردن موجب می شود که از حلالیت کامل فاز روغن در میکروامولسیون دو پیوسته در دمای HLB که لازمه تشکیل نانوامولسیون بوده اطمینان حاصل شود. متعاقباً نمونه بوسیله قرار گرفتن در حمام یخ تا زیر ۲۰°C همراه با همزدن دستی سرد شد.

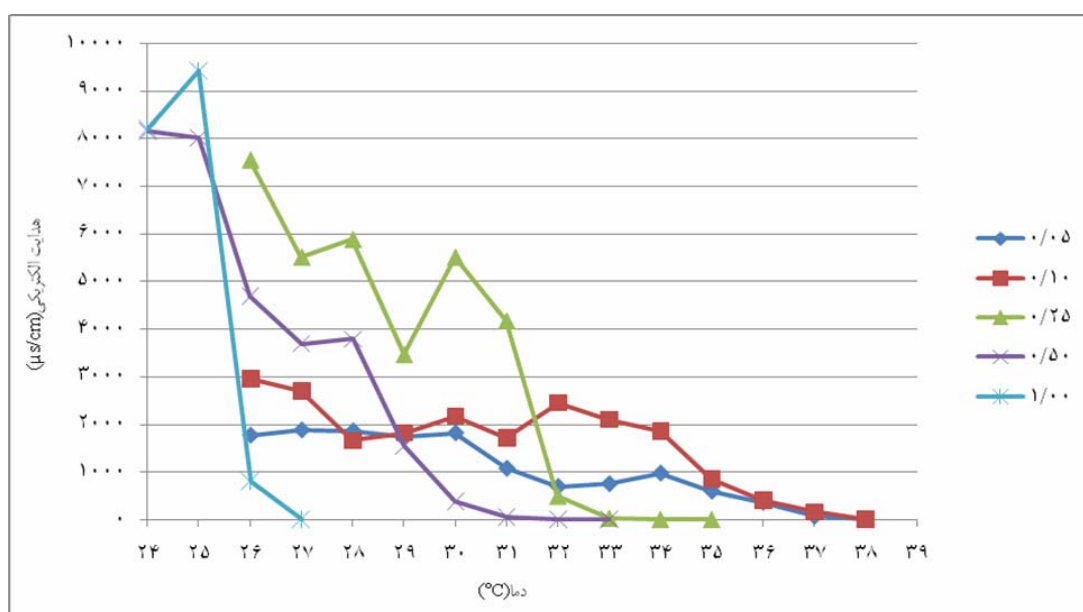
تعیین درصد عبور و ابعاد قطرات نانو امولسیونها

درصد عبور نانوامولسیونهای تهیه شده در ۲۵°C و در زمانهای مختلف توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-Vis (مدل ۱۶۰۰-UV) اندازه گیری شد، تا مقایسه ابعاد و پایداری نانوامولسیونها بررسی گردد. در نهایت ابعاد قطرات نمونه های انتخابی توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

دماهای معکوس فاز

دماهای معکوس فاز برای سیستم های امولسیون شامل ۲۰٪ وزنی از n-هگزا دکان، ۸٪ وزنی از Brij۳۰ و ۷۲٪ وزنی از محلول NaCl با غلظت های ۰/۰۵، ۰/۱۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ مولار توسط اندازه گیری های هدایت سنجی به دست آمد. دمای HLB یادمای معکوس فاز (PIT) به صورت میانگین دمای مقادیر حداکثر و حداقل هدایت در نظر گرفته شده است. کاهش در هدایت در این سیستم ها پیوسته نبوده و ماکزیمم های دیگری نیز مشاهده می شود که ماکزیمم های حد واسط در نظر گرفته نمی شود. نتایج هدایت سنجی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار های رسم هدایت بر حسب دما برای نانوامولسیون سیستمهای n-هگزا دکان/۳۰ Brij/آب در غلظت های مختلف از نمک NaCl در فاز آب (مولار).

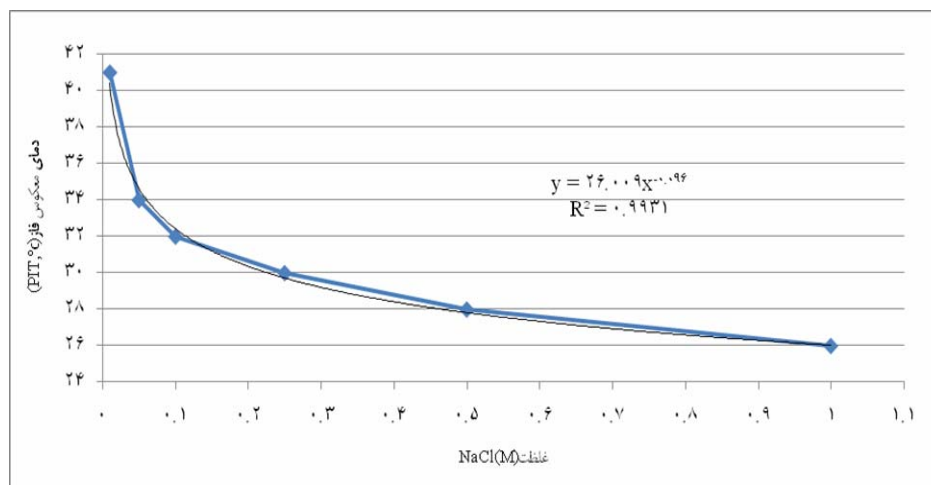
نتایج PIT در جدول ۱ خلاصه شده و نمودار PIT بر حسب غلظت NaCl در فاز آبی در شکل ۲ رسم شده است.

جدول ۱- دماهای PIT در غلظتهای مختلف NaCl^(۱۹)

غلظت NaCl فاز آبی (mol/l)	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۲۵	۰/۵۰	۱/۰۰
PIT(°C)	*۴۱	۳۴	۳۲	۳۰	۲۸	۲۶

شکل ۲ نتایج کاهش تدریجی PIT از ۴۱ °C به ۲۶ °C با افزایش غلظت محلول NaCl از ۰/۰۱ به ۱/۰۰ مولار را نشان می دهد. افزایش غلظت الکترولیت باعث ممانعت الکتریکی آب و افزایش فشار داخل محلول می شود.^(۳۹) بنابراین بر هم کنش بین آب و سورفاکتانت غیر یونی تضعیف شده، فعالیت سورفاکتانت غیر یونی در اثر افزایش

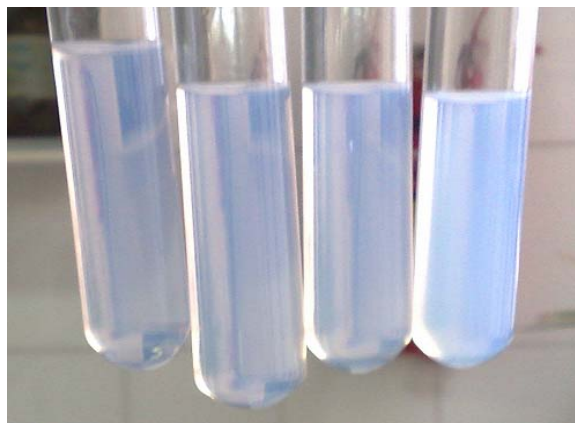
غلظت الکترولیت بیشتر لیوفیلی می شود. (۴۰) PIT در امولسیونها دقیقاً منعکس کننده تغییر HLB امولسیون کننده‌ها در نتیجه افزودنی‌ها بوده و اطلاعات روشنی مربوط به تاثیر مقدار و انواع افزودنی‌ها ارائه می دهد. (۳۹)



شکل ۲- نمودار تغییرات PIT بر حسب غلظت NaCl فاز آبی در سیستم n-هگزان / ۳۰ Brij / آب

تشکیل نانوامولسیونها بوسیله روش امولسیون سازی PIT

فرآیندهای مختلف امولسیون سازی براساس روش امولسیون سازی دمای معکوس فاز برای تعیین مؤثرترین روش برای سیستم های مورد مطالعه ارزیابی شد. فرآیندی که نانو امولسیونهای شفاف تر با بیشترین عبور را تولید کرد شامل امولسیون سازی در ۱۵ °C بالاتر از PIT نشان داده شده در جدول ۱ برای سیستم های با غلظت های مختلف NaCl در فاز آبی، متعاقباً سرد کردن امولسیون تا PIT و سرد کردن سریع تا زیر ۲۰ °C بود. امولسیونهای حاصله ظاهری شفاف متمایل به آبی داشته و ابعاد قطرات در گستره نانوامولسیونها می باشند (۱۸۶-۱۵). شکل ۳ تصویر نانوامولسیونهای تهیه شده با غلظت های ۰/۲۵، ۰/۱۰، ۰/۰۵، ۰/۰۱ مولار NaCl در فاز آبی و ۲۰٪ وزنی n-هگزا دکان و ۰/۸٪ وزنی Brij ۳۰ را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می گردد نمونه های مذکور شفاف متمایل به آبی می باشند.



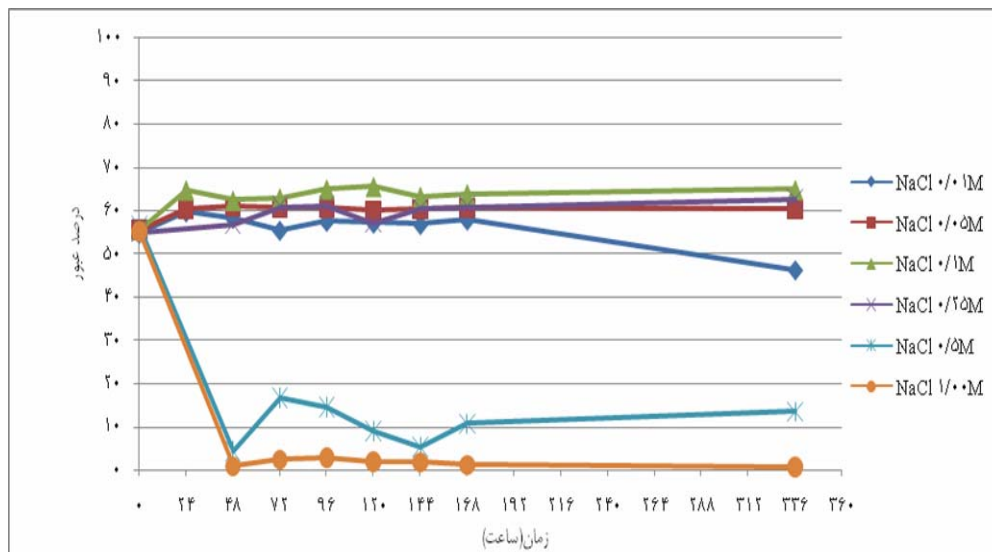
شکل ۳- نانوامولسیونهای با غلظت NaCl ۰/۲۵، ۰/۱۰، ۰/۰۵، ۰/۰۱ مولار فاز آبی (از راست به چپ) در سیستم n-

هگزا دکان / ۳۰ Brij / آب .

جدول ۲ درصد عبور را در 600 nm (۴۱ و ۴۲) برای نانوامولسیونهای تهیه شده در بازه های زمانی مختلف نشان می دهد. جهت بررسی پایداری نانوامولسیونها در طول زمان، تغییرات درصد عبور نور در زمانهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. عامل ناپایداری نانوامولسیونها عمدتاً رشد استوالد می باشد، که تشکیل قطرات درشتتر با تجمع قطرات ریزتر می باشد، در نتیجه وقتی ابعاد قطرات درشتتر شود نانوامولسیون کدرتر شده و درصد عبور نور کمتر می شود. نمودار شکل شماره ۴ این تغییرات را در طول زمان نشان می دهد. همانطور که در شکل فوق مشخص است در همه غلظتهای NaCl در فاز آبی نانوامولسیون به غیر از غلظتهای $1/100$ و $0/50$ مول بر لیتر تغییرات درصد عبور تا 336 ساعت اولیه تقریباً ثابت مانده است. نوسانات مشاهده شده تا قبل از 336 ساعت احتمالاً به دلیل نوسانات دمایی در زمانهای اندازه گیری درصد عبور نور در ساعتها مختلف است. لازم به ذکر است که در صورت نگهداری نانوامولسیونها در دمای بهینه که در هر یک از نمونهها متفاوت است، می توان طول عمر نانوامولسیونها را افزایش داد.

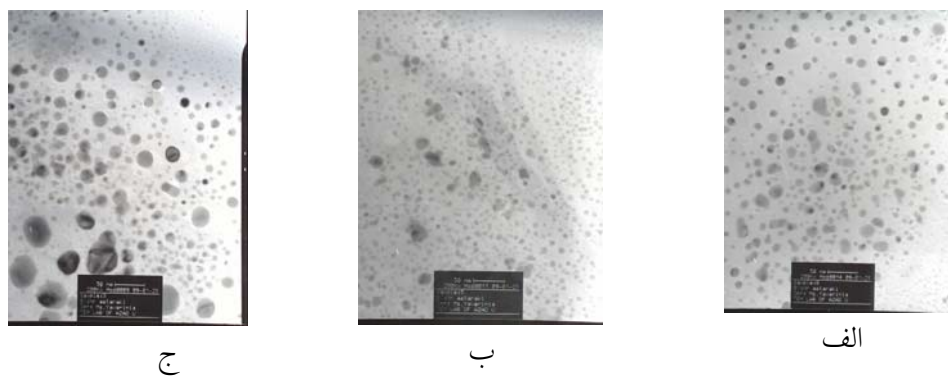
جدول ۲ - درصد عبور در 25°C و 600 nm برای نانوامولسیونهای تهیه شده در بازه های زمانی مختلف

زمان (ساعت)	فازآبی NaCl ۰/۰۱ مولار	فازآبی NaCl ۰/۰۵ مولار	فازآبی NaCl ۰/۱ مولار	فازآبی NaCl ۰/۲۵ مولار	فازآبی NaCl ۰/۵۰ مولار	فازآبی NaCl ۱/۰۰ مولار
۰	۵۴/۶	۵۵/۵	۵۵/۳	۵۴/۹	۵۶/۳	۳/۸
۲۴	۵۹/۶	۶۰/۲	۶۴/۶	-----	-----	-----
۴۸	۵۸/۱	۶۰/۸	۶۲/۲	۵۶/۷	۴/۳	۰/۷
۷۲	۵۵/۳	۶۰/۴	۶۲/۷	۶۰/۹	۱۶/۷	۲/۲
۹۶	۵۷/۴	۶۰/۵	۶۴/۸	۶۱/۰	۱۴/۴	۲/۸
۱۲۰	۵۷/۰	۵۹/۸	۶۵/۴	۵۷/۲	۹/۰	۱/۸
۱۴۴	۵۶/۷	۶۰/۳	۶۳/۱	۶۰/۵	۵/۲	۱/۶
۱۶۸	۵۷/۷	۶۰/۶	۶۳/۷	۶۰/۹	۱۰/۷	۱/۰
۳۶۶	۴۶/۱	۶۰/۱	۶۴/۷	۶۲/۶	۱۳/۴	۰/۵



شکل ۴- پایداری نانومولسیونها در طول زمان در 25°C و 60nm برای غلظتهای مختلف NaCl در فاز آبی در 25°C

در شکل ۵ نیز تصاویر TEM نانومولسیونهای با غلظت های NaCl ۰/۰۵، ۰/۱۰ و ۰/۲۵ مولار فاز آبی نشان داده شده است. با توجه به تصاویر میانگین قطره‌های قطرات نانو امولسیونهای با غلظت NaCl ۰/۰۵، ۰/۱۰ و ۰/۲۵ مولار فاز آبی به ترتیب ۱۰، ۷ و ۱۰ نانومتر با انحرافهای استاندارد ۸/۵۰، ۳/۲۷ و ۵/۲۰ می‌باشند. نانومولسیون با غلظت NaCl ۰/۰۱ مولار در فاز آبی که قبلاً توسط دیگران تهیه شده است دارای قطر قطره ۵۲ نانومتر بوده است،^(۱۹) که بیش از پنج برابر ابعاد نانو امولسیونهای مذکور می‌باشد .



شکل ۵- تصاویر TEM نانومولسیونهای با غلظت NaCl در فاز آبی الف- ۰/۲۵ ب- ۰/۱۰ ج- ۰/۰۵ مولار

نتیجه گیری

در این تحقیق ما توانستیم: اولاً تغییرات PIT را با افزایش غلظت NaCl در فاز آبی در سیستم های امولسیون n- هگزا دکان/ Brij۳۰ / آب بدست آوریم که با افزایش غلظت NaCl از ۰/۰۱ به ۱/۰۰ مولار PIT از ۴۱

به ۲۶ کاهش یافت. ثانیاً پایداری نانوامولسیونها بررسی گردید، و نشان داده شد که نانوامولسیونهای با غلظت NaCl ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱۰ و ۰/۲۵ مولار حتی بعد از دو هفته در دمای ۲۵ °C با تغییرات خیلی جزئی در عبور کاملاً پایدار بودند، در صورتی که در سایر تحقیقات در این غلظت از سور فاکتانت نانوامولسیونها نا پایدار بودند.^(۱۹) ثالثاً ابعاد قطرات نمونه های اندازه گیری شده با دستگاه TEM بین ۷ تا ۱۰ نانومتر تعیین گردید، که نسبت به نمونه های تهیه شده توسط دیگر محققان بسیار پایین تر می باشد.

تشکر و قدر دانی

بدین وسیله از حمایت مالی ستاد ویژه توسعه و فناوری نانو تشکر و قدر دانی می شود.

References:

1. Ugelstad, J., El-Aasser, M.S., and Vanderhoff, J.W., *J. Polym. Sci. Polym. Lett. Ed.*, **11**, 503 (1973).
2. El-Aasser, M.S., Lack, C.D., Choi, Y.T., Min, T.I., Vanderhoff, J.W., and Fowkes, F.M., *Colloids Surf.*, **12**, 79 (1984).
3. El-Aasser, M.S., Lack, C. D., Vanderhoff, J. W. and Fowkes, F. *Colloids Surf.*, **29**, 103 (1988).
4. El-Aasser, M.S., and Miller, C.M., and Asua, J.M., *In Polymeric Dispersions: Principles and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands (1997).
5. Sudol, E.D., El-Aasser, M.S., Lovell, P.A., and El-Aasser, M.S., *In Emulsion Polymerization and Emulsion Polymers*, John Wiley and Sons, U.K (1997).
6. Nakajima, H., Solans, C., and Kunieda, H., *In Industrial Applications of Microemulsions*, Marcel Dekker, New York (1997).
7. Nakajima, H., Tomomasa, S., and Okabe, M., *Premier Congres Mondial De l'Émulsion*, Paris, France, Paper No. 1-1-163 (1993).
8. Lachampt, F., and Vila, R.M., *Am. Perfum. Cosmet.*, **82**, 29 (1967).
9. Lachampt, F., and Vila, R.M., *Parfum. Cosmet. Savons*, **10**, 372 (1967).
10. Lachampt, F., and Vila, R.M., *Parfum. Cosmet. Savons*, **12**, 239 (1969).
11. Rosano, H.L., Lan, T., Weiss, A., Whittam, J.H., and Gerbacia, W.E.F., *J. Phys. Chem.*, **85**, 473 (1981).
12. Benita, S., Florence, A.T., and Gregoriadis, G., *In Submicron Emulsions in Drug Targeting and Delivery*, Harwood Academic, Amsterdam (1998).
13. Benita, S., and Levy, M., *J. Pharm. Sci.*, **82**, 1069 (1993).
14. Morales, D., Gutierrez, J.M., García-Celma, M. J., and Solans, Y.C., *Langmuir*, **19**, 7196 (2003).
15. Lee, G. W. J., and Tadros, Th.F., *Colloids Surf.*, **5**, 105 (1982).
16. Sagitani, H., Friberg, S. E., and Lindman, B., *In Organized Solutions*; Marcel Dekker, New York (1992).
17. Sudol, E.D., El-Aasser, M.S., and Lovell, P. A., *In Emulsion Polymerization and Emulsion Polymers*, Wiley and Sons, New York (1997).
18. Forgiarini, A., Esquena, J., González, C., and Solans, C., *Langmuir*, **1** (7), 2076 (2001).

19. Izquierdo, P., Esquena, J., Tadros, Th.F., Dederen, C., Garcia, M.J., Azemar, N., and Solans, C., *Langmuir*, **18**, 26 (2002).
20. Solans, C., Esquena, J., Forgiarini, A. M., Uso'n, N., Morales, D., Izquierdo, P., Azemar, N., Garcí'a-Celma, M.J., Mittal, K.L., and Shah, D.O., *In Surfactants in Solution: Fundamentals and Applications*, Surfactant Science Series, Marcel Dekker, New York (2002).
21. Shinoda, K., and Saito H., *J. Colloid Interface Sci.*, **70**, 26 (1968).
22. Shinoda, K., and Saito, H., *J. Colloid Interface Sci.*, **30**(2), 258 (1969).
23. Izquierdo, P., Esquena, J., Tadros T. F., Dederen, J. C., Feng, J., Garcia-Celma, M. J., Azemar, N., and Solans, C., *Langmuir*, **20**, 6594 (2004).
24. Lin Ee, Sh., Duan, X., Liew, J. and Nguyen, Q. D., *Chem. Eng. J.*, **140**, 626 (2008).
25. Izquierdo, P., Feng, J., Esquena, J., Tadros, Th.F., Dederen, J. C., Garcia, M.J., Azemar, N., and Solans, C., *J. Colloid Interface. Sci.*, **285**, 388 (2005).
26. Anton, N., Gayet, P., Benoit, J.P., and Saulnier, P., *Int. J. Pharm.*, **344**, 44 (2007).
27. Sol`e, I., Maestro, A., Pey, C.M., Gonz`alez, C., Solans, C., and Guti`errez, J.M., *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **288**, 138 (2006).
28. Sol`e, I., Gonz`alez, A.M.C., Solans, C., and Guti`errez, J.M., *Langmuir*, **22**, 8326 (2006).
29. Walstra, P., and Becher, P., *In Encyclopedia of Emulsion Technology*, Marcel Dekker, New York (1983).
30. Shinoda, K., *J. Colloid Interface Sci.*, **24**, 4 (1968).
31. Ozawa, K., Solans, C., and Kunieda, H., *J. Colloid Interface Sci.*, **188**, 275 (1997).
32. Uso'n, N., Garcia, M. J., and Solans, C., *Colloids Surf. A*, **25**, 415 (2004).
33. *U.S. Patent* 5098606 (1997).
34. Fo`ester, T., Heinen, S., and Heide, B., *Ger Offen DE 19532543A*, **1**, 8 (1997).
35. Restle, S., and Cauwet-Martin, D., *Eur. Pat. Appl. EP 842652A1*, **12** (1998).