



سال هفتم، شماره ۲۶  
بهار ۱۳۹۵، صفحات ۶۲-۵۵

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

## تعیین زمان القا و مکانیسم هسته‌زایی در تولید نانوذره سولفات نئومایسین با استفاده از ماده فعال سطحی پلی وینیل پیرولیدون

سیروس مطهری

گروه مهندسی شیمی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران  
sirousmotahari@gmail.com

مهرداد منطقیان

گروه مهندسی شیمی، واحد تهران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
manteghi@modares.ac.ir

### چکیده

در این مقاله با استفاده از کریستالیزاسیون القایی، زمان القا برای هسته‌زایی نانوذرات سولفات نئومایسین در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  و فوق اشباع‌های مختلف با استفاده از ضد حلال استون در حضور محلول مصرفی حاوی ماده فعال سطحی پلی وینیل پیرولیدون (PVP) اندازه‌گیری شده است. هم‌چنین هسته‌زایی اولیه با هسته‌زایی ثانویه مقایسه شد که هسته‌زایی ثانویه بر اولیه تفوق داشت. با استفاده از دستگاه TEM از نانوذره عکس گرفته شد که دامنه تغییرات اندازه نانو ذره از  $20\text{ nm}$  تا  $40\text{ nm}$  نانومتر شد. از آنجایی که داده‌های اندازه‌گیری شده زمان القا طبق پیش‌بینی نظریه کلاسیک هسته‌زایی قرار دارند، دامنه تغییرات توان هسته‌زایی از  $0.276\text{ (#/s.m}^3\text{)}$  تا  $0.2841\text{ (#/s.m}^3\text{)}$  محاسبه شد. هم‌چنین نتایج نشان داد در حضور محلول‌های مصرفی حاوی ماده فعال سطحی PVP با افزایش فوق اشباع، زمان القا کاهش می‌یابد.

**کلیدواژه:** کریستالیزاسیون، هسته‌زایی، زمان القا، فوق اشباع، PVP، نانوذرات سولفات نئومایسین.

## مقدمه

$$B = B^0 \exp\left(-\frac{\Delta G}{kT}\right) \quad (1)$$

در این رابطه  $B$  ( $\#/s.m^3$ ) توان هسته زایی،  $B^0$  ( $\#/m^3$ ) آهنگ هسته زایی،  $\Delta G$  ( $J$ ) انرژی آزاد گیبس،  $k$  ( $J/K$ ) ثابت استفان بولتزمن،  $T$  ( $K$ ) دما است. بنا به مقدار بیشینه  $\Delta G$  در هسته بحرانی مبتنی بر کمینه اندازه هسته های پایدار و رشد خوشه‌هایی که تحت معادله گیبس-تامسون<sup>۳</sup> است، میزان هسته زایی در رابطه (۱) به صورت زیر به دست می آید [۴]:

$$B = B^0 \exp\left(-\frac{16\pi\gamma^3 V_m^2}{3(kT)^3 (\ln S)^2}\right) \quad (2)$$

در این رابطه  $S = c/c^*$  فوق اشباع،  $\gamma$  ( $mj/m^2$ ) کشش سطحی و  $V_m$  ( $m^3$ ) حجم مولکولی است، هم‌چنین  $c$  ( $g/cm^3$ ) غلظت اولیه و  $c^*$  ( $g/cm^3$ ) غلظت تعادلی است. همان‌طور که در مقدمه بیان شد، زمان القا می‌تواند با نرخ هسته زایی نسبت معکوس داشته باشد  $(t_{ind} \propto 1/B)$  بنابراین داریم:

$$t_{ind} = K \exp\left(\frac{16\pi\gamma^3 V_m^2}{3(kT)^3 (\ln S)^2}\right) \quad (3)$$

در این رابطه  $t_{ind}(s)$  زمان القاست. با گرفتن لگاریتم طبیعی از طرفین رابطه (۳):

$$\ln t_{ind} = \ln K + \left(\frac{16\pi\gamma^3 V_m^2}{3(kT)^3 (\ln S)^2}\right) \quad (4)$$

توان هسته زایی را نیز می‌توان با استفاده از داده‌های زمان القا به دست آورد. اگر در نظر بگیریم که سرعت هسته زایی به صورت زیر به دست می آید [۵]:

$$B = K_b S^n \quad (5)$$

در این رابطه  $n$  درجه هسته زایی و  $K_b$  ثابت هسته زایی است، آن‌گاه با توجه به رابطه  $\frac{1}{B} \propto t_{ind}$  خواهیم داشت:

در سیستم کریستالیزاسیون، زمان بین ایجاد فوق اشباع و اولین تغییرات در خواص فیزیکی سیستم به دلیل ظهور ذرات جدید به عنوان زمان القا<sup>۱</sup> تعریف می‌شود [۱]. زمان القا از طریق آزمایش قابل اندازه‌گیری و در دسترس می‌باشد. زمان القا مجموع زمان لازم برای رسیدن به حالت شبه پایدار برای توزیع خوشه‌ها، زمان لازم برای رشد هسته تا اندازه قابل تعیین است. زمان القا محتوی اطلاعاتی درباره ی سینتیک هسته‌زایی فاز جدید است و با نرخ هسته‌زایی نسبت معکوس دارد. فوق اشباع و دما دو عامل بسیار مهم در تعیین زمان القا هستند به طوری که با افزایش دما یا فوق اشباع زمان القا کاهش می‌یابد. هم‌چنین تحت تاثیر عوامل خارجی مانند وجود ناخالصی‌ها و دانه‌ها قرار دارد [۲]. در این مقاله نانوذر سولفات نئوماپسین به روش کریستالیزاسیون القایی در حضور محلول‌های مصرفی حاوی ماده فعال سطحی، برای اندازه‌گیری زمان القا در فوق اشباع‌های مختلف تولید شده‌اند. اندازه نانوذر توسط سنتیک کریستالیزاسیون القایی کنترل می‌شود. در همین راستا زمان القا می‌تواند، به عنوان یک ابزار برای شناسایی هسته‌زایی نانوذرات به کار رود. هم‌چنین ثبت رویداد هسته زایی و زمان القا، یک روش مفید برای تعیین کشش سطحی است. به دلیل وجود رابطه بین نظریه کلاسیک هسته زایی با داده‌های آزمایشگاهی زمان القا، توان هسته زایی نانوذرات سولفات نئوماپسین با استفاده از رابطه کلاسیک هسته زایی محاسبه شده است.

## نظری

نظریه کلاسیک هسته زایی همگن فرض می‌کند که خوشه‌ها در یک محلول توسط مکانیزم افزایشی تشکیل می‌شوند تا این‌که اندازه بحرانی حاصل شود. میزان تشکیل هسته‌ها با این مکانیزم، به صورت زیر بیان می‌شود [۳]:

با دور ۱۰۰rpm داده و سپس دور همزن مغناطیسی را به آرامی تا دور ۲۵۰rpm بالا برده شد. برای تست اول از مجموعه پنج تایی مقدار  $1\text{cm}^3$ ، برای تست دوم مقدار  $0.8\text{cm}^3$ ، برای تست سوم مقدار  $0.6\text{cm}^3$ ، برای تست چهارم مقدار  $0.4\text{cm}^3$ ، برای تست پنجم مقدار  $0.2\text{cm}^3$  از محلول  $\frac{1.5\text{g pvp}}{1\text{ lit Distilled water}}$  را به ترتیب با سرنگ ۵cc به محلول آب مقطر - سولفات نئومایسین اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه اجازه هم خوردن بر روی همزن مغناطیسی داده شد. ضدحلال را درون بورت ریخته، سپس بورت را با پایه و گیره در ارتفاع ۱۰cm نسبت به صفحه همزن مغناطیسی نصب و به فاصله هر ۵ دقیقه یک قطره ضدحلال به محلول آب مقطر - سولفات نئومایسین اضافه شد. این عمل را تا تغییر رنگ محلول آب مقطر - سولفات نئومایسین که نشان دهنده زمان القا می باشد، بر روی همزن مغناطیسی بدون وقفه انجام شد. بعد از تغییر رنگ محلول آب مقطر - سولفات نئومایسین و ثبت زمان القا، بشر حاوی سوسپانسیون را با پلاستیک پارافیلی پوشانده و به مدت ۱۲ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شد. بعد از گذشت این زمان سوسپانسیون به حالت دو فاز در آمده که فاز شفاف بر روی فاز کلوخه شده قرار داشت. با استفاده از سرنگ ۵cc که به جای نیدل آن از نوع سرنگ ۲cc نصب شده، محلول شفاف قرار گرفته شده بر روی ماده کلوخه شده را برداشته و در بشر دیگری که وزن اولیه آن را ثبت نموده ایم، ریخته شد. دمای آن را بر روی  $80^\circ\text{C}$  تنظیم شده و بشر حاوی محلول شفاف را در درون آن جهت خشک سازی قرار داده شد. بعد از خشک کردن محلول شفاف، به مدت ۴ ساعت جهت نشان دادن وزن واقعی خود در دمای آزمایشگاه قرار داده شد. بشر را وزن نموده و از اختلاف وزن بشر حاوی

$$\ln t_{\text{ind}} - \ln K_1 - n \ln S \quad (6)$$

در نتیجه شیب خط راستی که از نمودار  $\ln t_{\text{ind}}$  بر حسب  $\ln S$  حاصل می شود به عنوان توان هسته زایی لحاظ می شود.

## مواد مصرفی

مواد مصرفی سولفات نئومایسین<sup>۱</sup> ساخت شرکت سیگما آلدریج<sup>۲</sup> کشور آمریکا، ماده فعال سطحی (سورفکتانت<sup>۳</sup>) پلی وینیل پیرولیدون<sup>۴</sup> ساخت شرکت مرک آلمان، حلال مصرفی آب مقطر<sup>۵</sup> شرکت اطلس شیمی ایران<sup>۶</sup> و ضد حلال استون ۹۶٪<sup>۷</sup> ساخت شرکت مرک آلمان بودند.

## شرح آزمایش

شرح آزمایش با استفاده از محلول مصرفی  $\frac{1.5\text{g pvp}}{1\text{ lit Distilled water}}$  برای تهیه این محصول مقدار ۱/۵g از PVP را با ترازو الکترونیکی وزن شد و ۱ (lit) آب مقطر اضافه شد. به مدت ۲ روز، و هر روز ۳ بار هم زده تا محلول جهت استفاده آماده شد. این مقدار به عنوان حجم افزودنی اضافه شده به محلول آب مقطر - سولفات نئومایسین در نظر گرفته شد. ابتدا مقدار  $10\text{cm}^3$  از آب مقطر را با استوانه مدرج برداشته و در درون بشر ۵۰ml ریخته شد، مقدار (۰/۲، ۰/۳، ۰/۴) گرم از سولفات نئومایسین را با ترازو الکترونیکی وزن و به آن اضافه شد. بشر حاوی محلول آب مقطر - سولفات نئومایسین را با پایه و گیره در ارتفاع ۵cm از صفحه همزن مغناطیسی نصب و مگنت ۲/۵cm را به آرامی در درون بشر انداخته شد. به مدت ۲۰ دقیقه اجازه هم خوردن بر روی همزن مغناطیسی

1 -Gibbs- Thomson

2-Neomycin Sulfate

3 -Sigma-Aldrich

4 -Surfactant

5 -Polyvinyl pyrolidone

5-Distilled whater

6 -Atlss Shimi

۷ - در هر سری آزمایشی غلظت اولیه (۰/۲، ۰/۳، ۰/۴) گرم در نظر گرفته شد

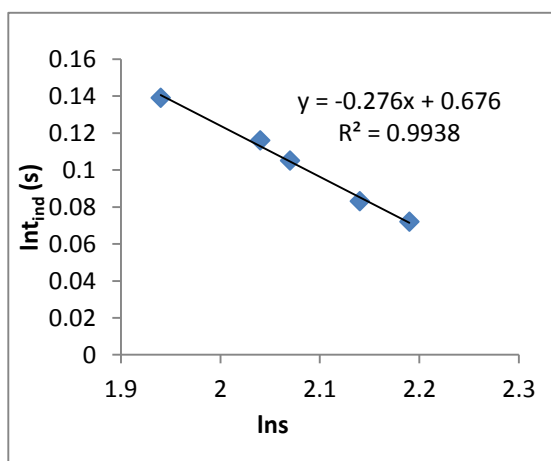
ماده خشک شده با وزن اولیه همان بشر حلالیت  $c(g/cm^3)$  و در نتیجه فوق اشباع به دست آورده شد. در تمامی مراحل آزمایش‌ها دما بر روی  $25^\circ C$  و دور هم‌زن بر روی  $250\text{ rpm}$  ثابت نگه داشته شد. حجم حلال انتخابی برای تمام آزمایش‌ها  $10\text{ cm}^3$  می‌باشد [۳-۶].

## نتایج

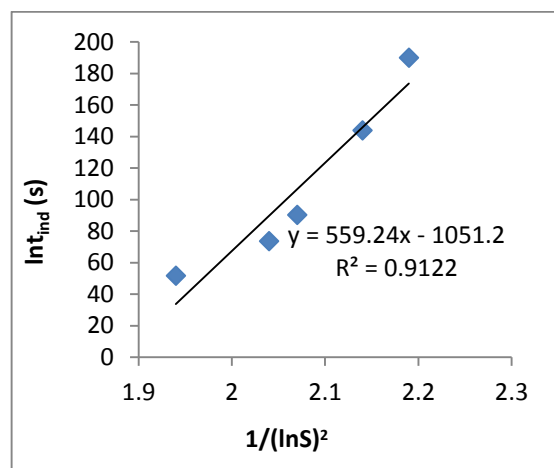
نتایج استفاده از محلول مصرفی حاوی ماده فعال سطحی  $\frac{1.5g\text{ pvp}}{1\text{ lit Distilled water}}$

جدول ۱- مقادیر زمان القا و فوق اشباع با استفاده از محلول مصرفی  $\frac{1.5g\text{ pvp}}{1\text{ lit Distilled water}}$

شماره آزمایش	V(cc) حجم افزودنی	V(cc) حجم مصرفی استون	$T_{ind}(s)$ زمان القا	$C^*(g/cc)$ حلالیت	$S=\frac{c}{c^*}$ فوق اشباع	$Lnt$ (s)	$Lns$	$\frac{1}{(Lns)^2}$
۱	۱	۱۴/۸	۹	۰/۱۸۶	۱/۰۷۵	۲/۱۹۷	۰/۰۷۲	۱۸۹/۸۷۹
۲	۸	۱۳	۸/۵	۰/۱۸۴	۱/۰۸۶	۲/۱۴۰	۰/۰۸۳	۱۴۳/۸۳۳
۳	۰/۶	۱۲/۴	۸	۰/۱۸	۱/۱۱۱	۲/۰۷۹	۰/۱۰۵	۹۰/۰۸۳
۴	۰/۴	۱۱/۲	۷/۷	۰/۱۷۸	۱/۱۲۳	۲/۰۴۱	۰/۱۱۶	۷۳/۶۳۶
۵	۰/۲	۱۰/۵	۷	۰/۱۷۴	۱/۱۴۹	۱/۹۵۷	۰/۱۳۹	۵۱/۲۵۶



شکل ۲: رسم زمان القا در مقابل فوق اشباع برای آزمایش‌های ۱ تا ۵

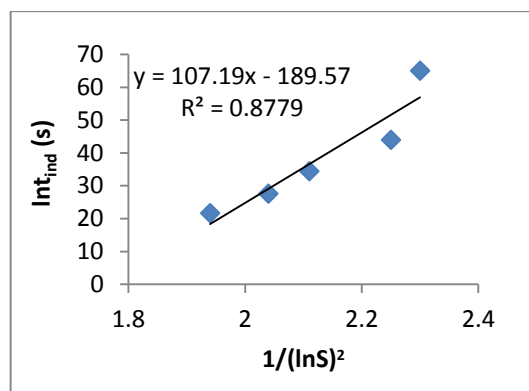
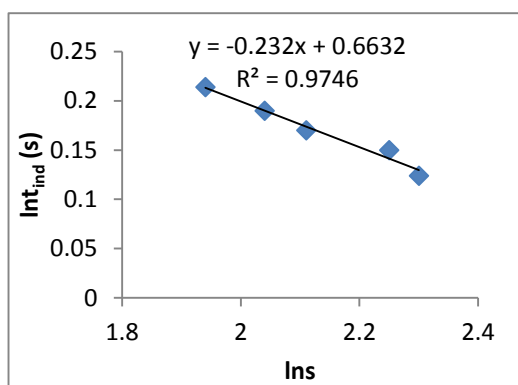


شکل ۱: رسم زمان القا در مقابل فوق اشباع برای آزمایش‌های ۱ تا ۵

نتایج استفاده از محلول مصرفی حاوی ماده فعال سطحی  $\frac{2.5g\text{ pvp}}{1\text{ lit Distilled water}}$

جدول ۲- مقادیر زمان القا و فوق اشباع با استفاده از محلول مصرفی  $\frac{2.5g\ pvp}{1\ lit\ Distilled\ water}$ 

شماره آزمایش	V(cc) حجم افزودنی	V(cc) حجم مصرفی استون	T <sub>ind</sub> (s) زمان القا	C*(g/cc) حلالیت	S= $\frac{c}{c^*}$ فوق اشباع	Lnt (s)	Lns	$\frac{1}{(Lns)^2}$
۶	۱	۱۴/۳	۱۰	۰/۲۶۵	۱/۱۳۲	۲/۳۰۲	۰/۱۲۴	۶۴/۹۸۱
۷	۰/۸	۱۳/۹	۹/۵	۰/۲۵۸	۱/۱۶۲	۲/۲۵۱	۰/۱۵۰	۴۳/۹۶۰
۸	۰/۶	۱۲/۴	۸/۳	۰/۲۵۳	۱/۱۸۵	۲/۱۱۶	۰/۱۷۰	۳۴/۴۴۲
۹	۰/۴	۱۱/۱	۷/۷	۰/۲۴۸	۱/۲۰۹	۲/۰۴۱	۰/۱۹۰	۲۷/۵۹۷
۱۰	۰/۲	۱۰	۷	۰/۲۴۲	۱/۲۳۹	۱/۹۴۵	۰/۲۱۴	۲۱/۶۶۴

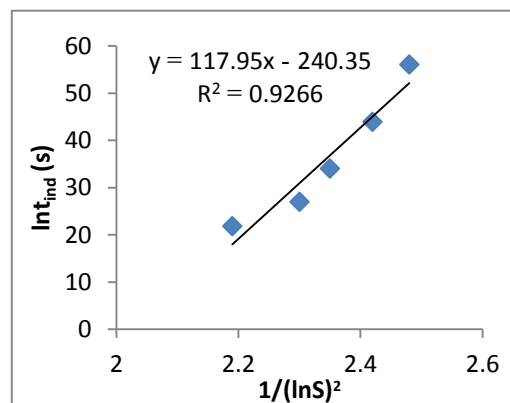
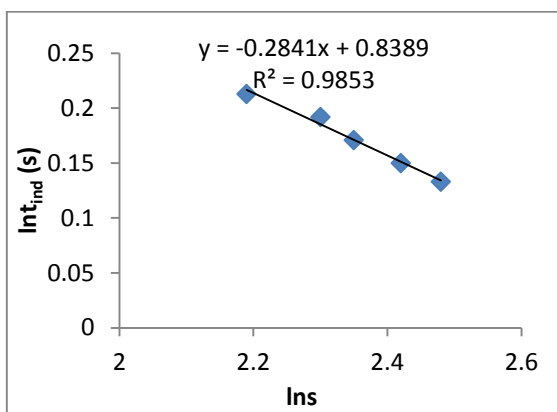


شکل ۴: رسم زمان القا در مقابل فوق اشباع برای آزمایش های ۶ تا ۱۰

شکل ۳: رسم زمان القا در مقابل فوق اشباع برای آزمایش های ۶ تا ۱۰

نتایج استفاده از محلول مصرفی حاوی ماده فعال سطحی  $\frac{3.5g\ pvp}{1\ lit\ Distilled\ water}$ جدول ۳- مقادیر زمان القا و فوق اشباع با استفاده از محلول مصرفی  $\frac{3.5g\ pvp}{1\ lit\ Distilled\ water}$ 

شماره آزمایش	V(cc) حجم افزودنی	V(cc) حجم مصرفی استون	T <sub>ind</sub> (s) زمان القا	C*(g/cc) حلالیت	S= $\frac{c}{c^*}$ فوق اشباع	Lnt (s)	Lns	$\frac{1}{(Lns)^2}$
۱۱	۱	۱۳/۷	۱۲	۰/۳۵	۱/۱۴۲	۲/۴۸۴	۰/۱۳۳	۵۶/۰۸۳
۱۲	۰/۸	۱۲/۳	۱۱/۳	۰/۳۴۴	۱/۱۶۲	۲/۴۲۴	۰/۱۵۰	۴۳/۹۶۰
۱۳	۰/۶	۱۱/۵	۱۰/۵	۰/۳۳۷	۱/۱۸۶	۲/۳۵۱	۰/۱۷۱	۳۴/۰۴۶
۱۴	۰/۴	۱۰/۶	۱۰	۰/۳۳	۱/۲۱۲	۲/۳۰۲	۰/۱۹۲	۲۷/۰۲۱
۱۵	۰/۲	۹/۸	۹	۰/۳۲۳	۱/۲۳۸	۲/۱۹۷	۰/۲۱۳	۲۱/۸۷۴



شکل ۶: رسم زمان القا درمقابل فوق اشباع برای آزمایش‌های ۱۱ تا ۱۵

شکل ۵: رسم زمان القا درمقابل فوق اشباع برای آزمایش‌های ۱۱ تا ۱۵

### مقادیر ضراب همبستگی $R^2$ <sup>۱</sup>

جدول ۴ - مقادیر ضرایب  $R_2$  با استفاده از محلول مصرفی حاوی مقادیر مختلف PVP

ردیف	شماره آزمایش	نوع حلال مصرفی	نوع هسته زایی		$R^2$	N
			اولیه	$Ln t_{ind}, 1/(lnS)^2$		
۱	۱-۵	1.5g pvp 1 lit Distilled water	اولیه	$Ln t_{ind}, 1/(lnS)^2$	۰/۹۱۲۲	۵
			ثانویه	$Ln t_{ind}, lnS$	۰/۹۹۳۸	۵
۲	۶-۱۰	2.5g pvp 1 lit Distilled water	اولیه	$Ln t_{ind}, 1/(lnS)^2$	۰/۸۷۷۹	۵
			ثانویه	$Ln t_{ind}, lnS$	۰/۹۷۴۶	۵
۳	۱۱-۱۵	3.5g pvp 1 lit Distilled water	اولیه	$Ln t_{ind}, 1/(lnS)^2$	۰/۹۲۶۶	۵
			ثانویه	$Ln t_{ind}, lnS$	۰/۹۸۵۳	۵

- توان هسته زایی

در نتیجه تنها برای حالت تفوق هسته زایی ثانویه بر اولیه موجه می‌باشد.

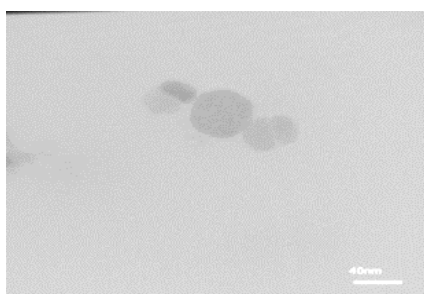
شیب خط راستی که از نمودار  $Int_{ind}$  بر حسب  $ln S$  حاصل می‌شود به عنوان توان هسته زایی لحاظ می‌شود. با توجه به این که رابطه توان هسته زایی در هسته زایی ثانویه قرار دارد،

جدول ۵- مقادیر توان هسته زایی

ردیف	شماره آزمایش	شماره نمودار	محلول مصرفی	معادلات دریافتی از اکسل <sup>۲</sup>	$B(\#/s.m)^3$
۱	۵ تا ۱	۲	1.5g pvp 1 lit Distilled water	$Y = -0.276X + 0.676$	۰/۲۷۶
۲	۱۰ تا ۶	۴	2.5g pvp 1 lit Distilled water	$Y = -0.232X + 0.6632$	۰/۲۳۲
۳	۱۵ تا ۱۱	۶	3.5g pvp 1 lit Distilled water	$Y = -0.2841X + 0.8389$	۰/۲۸۴۱

<sup>۱</sup>-Regression

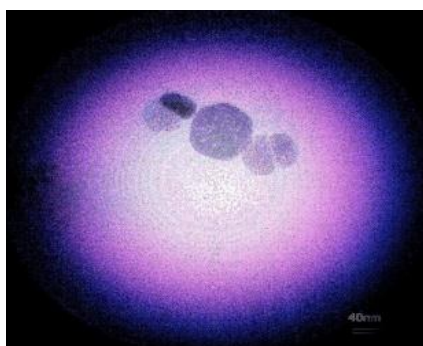
<sup>۲</sup>-Microsoft Office Excel

عکس‌های TEM<sup>۱</sup>

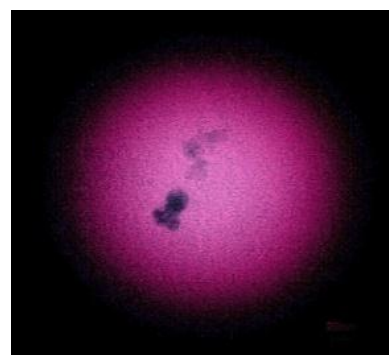
شکل ب) نانوذره سولفات نئومایسین با ابعاد ۴۰nm و بزرگنمایی ۶۰۰ هزار برابر



شکل الف) نانوذره سولفات نئومایسین با ابعاد ۲۰nm و بزرگنمایی ۸۰۰ هزار برابر



شکل ب) تصویر رنگ شده با ابعاد نانوذره سولفات نئومایسین با ابعاد ۴۰nm و بزرگنمایی ۶۰۰ هزار برابر



شکل الف) تصویر رنگ شده نانوذره سولفات نئومایسین با ابعاد ۲۰nm و بزرگنمایی ۸۰۰ هزار برابر

در محلول نمی نشیند. در واقع به علت حضور محلول‌های مصرفی حاوی ماده فعال سطحی مانع از اتصال ذرات سولفات نئومایسین به یکدیگر می شوند. می توان دو تصور از سیستم داشت:

PVP با ایجاد دافعه فضایی بین نانوذرات در محلول از یکدیگر مجزایمانده و کلوخه‌ای شدن اتفاق نمی افتد. در این روش از ماکرو مولکول‌هایی مثل پلیمرها استفاده می شود. این مولکول‌های بزرگ به سطوح ذرات می چسبند و با نزدیک شدن ذرات ماکرومولکول‌ها در هم تنیده شده و از به هم چسبیدن و مجتمع شدن ذرات به هم جلوگیری می کنند. همین امر موجب تفوق هسته زایی ثانویه بر اولیه می گردد.

## یافته‌ها و بحث

تفوق هسته زایی ثانویه بر اولیه (جدول ۴- ردیف‌های ۱ تا ۳)

تصور بر این است چون هسته‌های اولیه در سیستم وجود داشته است، لذا سیستم به سمت تفوق هسته زایی ثانویه بر اولیه میل می کند هم‌چنین در ناحیه شبه پایدار میزان فوق اشباع اجازه هسته زایی اولیه را نمی دهد و خروج مولکول‌های ماده فوق اشباع (سولفات نئومایسین) تنها به صورت رشد یا با مکانیسم هسته زایی ثانویه امکان پذیر است. تصور بر این است، در هنگام تشکیل زمان القا و تشکیل هسته پایدار، محلول آب مقطر- سولفات نئومایسین در ناحیه شبه پایدار قرار دارد. مکانیسم هسته زایی ثانویه بر این اساس است که ذرات جدید تشکیل شده بر روی ذرات هم جنس موجود

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، زمان القا نانو ذرات سولفات نئومایسین تولید شده با روش کریستالیزاسیون القایی، در فوق اشباع‌های مختلف اندازه‌گیری شد. در این تحقیق مشخص شد که می‌توان از روش تبلور القایی جهت تولید نانو ذرات سولفات نئومایسین استفاده کرد. همان‌طور که از داده‌های آزمایشگاهی دریافت می‌شود، زمان القا با افزایش فوق اشباع کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری زمان القا طبق پیش بینی نظریه کلاسیک هسته زایی قرار دارند. هم‌چنین توان هسته زایی نانوذرات سولفات نئومایسین با استفاده از نظریه کلاسیک هسته زایی، محاسبه شد.

### منابع

- [1] Rezaei, M., Tabaian, H., Fatmehsari Haghshenas, D., 2012, Nucleation and growth of Pd nanoparticles during electrocrystallization on pencil graphite, *Electrochimica Acta* Volume 59, Pages 360–366.
- [2] Rosen, M.J., and Kunjappu, J.T., 2012, *Interfacial Phenomena* 4th ed, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Pl, ISBN 1-118-22902-9.
- [3] Kong H., Jang J., 2008, Antibacterial properties of novel poly (methyl methacrylate) nanofiber containing silver nanoparticles, *Langmuir*, 24: 2051- 2056.
- [4] Kobari, M., Kubota, N., Hirasawa, I., 2012, Secondary nucleation-mediated effects of stirrer speed and growth rate on induction time for unseeded solution, *CrystEng.Com*, Issue 16.
- [5] Mersmann, A., 1999, *Crystallization and precipitation*, Chem. Eng. Process. Process Intensif., pp. 345–353.
- [6] Li, Y., Somorjai, G. A., 2012, *Nanoscale Advances in Catalysis and Energy Applications*, *NanoLett.*, 10, 2289–2295.

با افزایش فوق اشباع زمان القا کاهش یافت (جدول ۱ تا ۳)

در تمامی آزمایش‌ها با افزایش غلظت محلول مصرفی حاوی ماده فعال سطحی، زمان القا کاهش یافته شد. می‌توان دو تصور از سیستم داشت :

الف. بر طبق نظریه کلاسیک هسته زایی با افزایش فوق اشباع، زمان القا کاهش می‌یابد و این دو پارامتر رابطه عکس با یکدیگر دارند. تصور نگارنده بر این است، چون ذرات سولفات نئومایسین با لایه ضخیمی از ماده فعال سطحی پوشیده شده و به فاصله هر ۵ دقیقه یک قطره، به سیستم اضافه می‌نماییم، با اضافه کردن ضدحلال و عبور سریع از لایه ضخیم ماده فعال سطحی به نسبت لایه نازک ماده فعال سطحی، به ذرات سولفات نئومایسین دست یابد. در نتیجه مدت زمان ما بین اضافه کردن خردین قطره تا تغییر رنگ محلول (زمان القا) کاهش می‌یابد.

ب. تصور دیگر نگارنده بر این است که وجود ماده فعال سطحی در سیستم، فاصله زمانی بین قطره‌های ضدحلال تا تغییر رنگ سیستم را کاهش می‌دهد. در عمل این قطره ضدحلال تا بخواهد از لایه‌های ماده فعال سطحی عبور کرده و به ذرات سولفات نئومایسین برسد، نسبت به حالتی که ماده فعال سطحی سرگردان است، مدت زمان کم‌تری صرف خواهد شد. در نتیجه زمان القا کاهش پیدا خواهد کرد.