مجله افق‌های نوین در شیمی

بررسی هسته‌زایی و زمان القای نانوذرات کلسترول و پایداری نانوذرات

سجاد مظفری

۱ – کارشناس ارشد مهندسی بیوتکنولوژی

s.mozafari۱۲@gmail.com

چکیده

این پژوهش در نظر دارد که طی آزمایشاتی به تولید نانوذرات کلسترول با استفاده از ضدحلال پرداخته و به بررسی هسته‌زایی و تعیین پایداری نانوذرات کلسترول در حضور مواد فعال سطحی بپردازد. بدین صورت که با استفاده از کریستالیزاسیون القایی، زمان القا جهت هسته زایی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فوق اشباع‌های مختلف محلول کلسترول و متانول در اثر افزودن یک نمونه سورفکتانت به نام سیتیل تری متیل آمونیم برمید (CTAB) اندازه‌گیری نموده و حجم مصرفی آب مقطر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) از نمونه عکس‌برداری شد، که اندازه نانوذرات حاصله نشانگر تولید نانوذره بود. نتایج حاکی از آن بود که در حضور آب مقطر زمان القا زیر یک ثانیه، به طوری که با برخورد آب مقطر به سطح محلول بلافاصله کدری مشاهده شد. در حضور افزودنی CTAB با افزایش میزان فوق اشباع زمان القا کاهش می یابد. در فوق اشباع ثابت با افزایش غلظت CTAB زمان القا افزایش یافته است. همچنین پایداری نانوذرات ساخته شده به همراه پایدار کننده CTAB در غلظت‌های برابر در مقایسه با پایه (بدون افزودنی) پایداری بیشتری دارد و مکانیسم هسته‌زایی ثانویه است. نهایتا پیشنهاد گردید در تحقیقات آتی اثر دماها و PHهای مختلف برای زمان القا و هسته‌زایی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: هسته زایی، کریستالیزاسیون القایی، زمان القا، فوق اشباع، سورفکتانت CTAB، کلسترول

https://science-journals.ir , https://onsh.science-journals.ir

۱- مقدمه

مواد در مقیاس نانو برای مدت طولانی مورد توجه شیمیدانان علوم مواد و مهندسین این علم قرار گرفته است. در چند سال گذشته، تمرکز محققین به تحقیقات بر روی نانوذرات قابل توجه بوده و کاربرد نانوذرات در علوم مختلف افزایش یافته و چنانکه پایگاه‌های تحقیقاتی، پژهشکده‌ها و نیز بودجه دولت‌ها به سرمایه‌گذاری در این زمینه افزایش چشم‌گیری داشته است. کلیه مواد رایج همچون فلزات، نیمه هادی‌ها، شیشه، سرامیک و پلیمرها توانایی رسیدن به ابعاد نانو را دارا می‌باشند. نانوذرات، ذراتی به ابعاد ۱-۱۰۰ نانومتر هستند و نسبت به میکروذرات یا ذرات با اندازه بزرگتر، خواص متفاوتی دارند. با کاهش اندازه ذرات به مقیاس نانو و در نتیجه افزایش نسبت سطح به حجم، خواص مختلف مانند دسترس‌پذیری زیستی، انحلال‌پذیری در آب، پایداری کلوئیدی و شفافیت محلول‌های حاوی نانوذرات افزایش می‌یابد[۴].

در واقع هنگامی که یک ماده در مقیاس نانو تهیه می‌شود، خواص فیزیکی آن تغییر می‌کند. این خواص، را بسته به اندازه نانو ساختارهای مختلف فوق‌العاده ارزشمند است. نانو مواد طیف گسترده‌ای از مواد را در بر می‌گیرند که عبارتند از مواد آلی و معدنی، ذرات بلوری یا بی شکل، پودر یا ذرات پخش شده در یک ماتریکس، به صورت ذرات منفرد و جدا از هم یا به صورت کلوخه ای، کلوئیدی، سوسپانسیون و محلول‌های امولسیونی و ...[۷] روش‌های متعددی برای آماده‌سازی نانوذرات وجود دارد. بسیاری از روش‌های آماده‌سازی به دلیل برخی از عوامل مانند هزینه‌های بالای مواد خام و پیچیده بودن روش، اندازه ذرات و خلوص پایین مانع از استفاده و توسعه نانوذرات شده و با صرفه نمی‌باشند. اخیراً نوع خاصی از تولید به نام تولید پایین به بالا مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرد. در این روش به جای اینکه ماده مورد نظر را با کوچک کردن ماده توده‌ای بدست آورند، آن را از ذرات و مولکول‌های تشکیل دهنده‌اش می‌سازند. این روش با روش معمولی بسیار متفاوت است زیرا در تولید معمولی حجم بسیار زیادی از مواد زاید حاصل از تراش دور ریخته می‌شود ولی در تولید پایین به بالا علاوه بر اینکه چنین مشکلی وجود ندارد استحکام ماده تولیدی نیز به علت پیوند قوی‌تر بین ذرات تشکیل‌دهنده بالا می‌رود[۱۲].

در این پژوهش در نظر دارد طی آزمایشات به تولید نانوذرات و تعیین و بررسی هسته‌زایی و زمان القای نانوذرات کلسترول و پایداری نانوذرات حاصل در اثر مواد افزودنی آلی و معدنی بپردازد. در همین خصوص، ابتدا به بیان سوالات و فرضیات و اهداف تحقیق خواهیم پرداخت، سپس مروری خواهیم داشت بر مفاهیم نظری و تئوری. در فصل دوم مروری بر مطالعات پیشین خواهیم پرداخت. فصل سوم به روش‌شناسی اختصاص دارد. نتایج در فصل چهارم آمده و در فصل پنجم به نتیجه‌گیری از مطالعه حاضر خواهیم پرداخت.

۲- بیان مسئله

هدف از طراحی روش کریستالیزاسیون تولید اشکال، توزیع اندازه، خلوص و محصول مورد نظر است که با ایجاد فوق اشباعیت مورد نظر که در آن نرخ هسته‌زایی مناسب است بدست می‌آید. کنترل تعداد و سایز هسته‌های ایجاد شده و اثر مواد فعال سطحی بر هسته‌زایی، سرعت تولید و پایداری هسته‌ها موضوع مورد تمرکز در دنیای نانوتکنولوژی می‌باشد. ولی هنوز هیچ مدل جامعی برای پیش‌بینی آن ارائه شده نشده. این تحقیق برای روشن کردن اثر CTAB بر پایداری نانوذرات کلسترول گامی موثر در روشن کردن تعامل فوق‌الذکر محسوب می‌شود.

۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

تبدیل فاز کلسترول از حالت محلول به جامد نه تنها از دید صنعتی بلکه از نظر علوم پزشکی نیز دارای اهمیت است. این ماده به عنوان عامل انسداد عروق، مدت‌هاست شناخته شده و تبدیل فاز و هسته‌زایی کلسترول، اولین مرحله در بروز این پدیده خطرناک در بدن محسوب می‌شود. از سوی دیگر اگر بتوان ذرات کلسترول را بصورت نانومتری در خون معلق نگه داشت، تا حد زیادی از خطر رسوب‌گذاری آن در عروق اجتناب می‌شود. در این تحقیق به عنوان گام اول اثر حلال، ضدحلال، و پایدار سازنده‌ها بر روی هسته‌زایی و تغییر فاز و پایداری نانوذرات کلسترول بررسی می‌شود.

۴- اهداف تحقیق

اهداف کلی

بررسی هسته‌زایی و زمان القای نانوذرات کلسترول و پایداری نانوذرات حاصل در اثر مواد افزودن مواد فعال سطحی(تولید نانوذرات کلسترول با استفاده از ضد حلال آب و بررسی هسته زایی و تعیین پایداری نانوذرات کلسترول در اثر افزودن مواد آلی و معدنی در دمای ۲۵ °C).

اهداف فرعی تحقیق

۱- تعیین زمان القا و پایداری نانوذرات کلسترول در اثر افزودن مواد فعال سطحی؛

۲- بررسی هسته زایی نانوذرات کلسترول در اثر افزودن مواد فعال سطحی؛

۳- بررسی زمان کلوخه شدن محلول و تعیین محدوده پایداری نانوذرات کلسترول.

۵- فرضیات تحقیق

- با افزودن مواد فعال سطحی (CTAB) می‌توان زمان تشکیل نانوذره کلسترول را کاهش داد.

از جمله فرضیات فرعی این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- با افزودن مواد فعال سطحی (CTAB)، نانوذرات کلسترول پایدارتر می‌گردند.

- با افزودن ضد حلال آب، به محلول اشباع کلسترول زمان القا کاهش می‌یابد.

- با افزودن مواد فعال سطحی (CTAB)، هسته‌زایی سریعتر اتفاق می‌افتد.

- با افزودن مواد فعال سطحی (CTAB)، زمان القای نانوذرات کلسترول کاهش می‌یابد.

۶- بررسی تحقیق های انجام شده

با توجه به تحقیقات وسیعی که محقق در مورد موضوع مورد بحث انجام داده است، به مورد مشابهی در این زمینه بر نخورده است و این تحقیق در نوع خود بدیع و نوآورانه است. لذا در خصوص بهره‌گیری از تجارب علمی گذشتگان و آشنایی بیشتر با مطالب و موضوعات پیش آمده طی این تحقیق به مطالعه موضوعات نزدیک با موضوع مورد نظر پرداختیم و مقالات و رساله‌هایی که در مواردی هر چند ناچیز در ارتباط با پژوهش حاضر بودند را مورد مطالعه قرار دادیم. در این قسمت به بیان پاره‌ای از آنها خواهیم پرداخت. بشارت و منطقیان (۱۳۹۱)، اثر عوامل عملیاتی گوناگون از قبیل اثر اختلاط، حضور بافل در ظرف، حضور افزودنی و حضور دانه بر زمان القای هسته‌زایی ذرات در فرآیند تبلور مورد بررسی قرار گرفته است. با ارزیابی مطالعات انجام شده، مشخص شد که تاثیر عوامل مذکور بر زمان القای هسته‌زایی، نهایتا بصورت تغییری در اثر عوامل اصلی یعنی دما، فوق اشباع و کشش سطحی، خود را نشان داده و منجر به تغییر زمان القا می‌گردند[۱].

حسینا[۲] و همکاران (۲۰۱۱)، روشی ساده مبتنی بر فرآیند آینه‌ای نقره تغییر یافته، برای آماده‌سازی نقاط کوانتومی نقره‌ای کلوئیدی بکار رفته است. همه واکنش‌ها از نظر زمان با استفاده از روش مشاهده اشعه فرابنفش مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند تا رشد جنبشی و تأثیر دما در شکل‌گیری ذرات نانو نقره به اثبات برسد. شکل منحنی‌های زمان واکنش به آمونیاک بستگی دارد. غلظت گلوکز تأثیر چندانی بر واکنش نداشت. در خصوص فرآیندهای هسته‌زایی و رشد، جذب پلاسمون سطحی نسبت مستقیم با افزایش و کاهش آمونیاک داشت. نتایج حاصل از مشاهدات میکروسکوپی نشان داد که نقاط کوانتومی به صورت نامنظم جمع می‌شوند تا ساختار شاخه‌ای نقره را تشکیل دهند. انرژی فعال‌سازی، آنتالپی و آنتروپی فعال‌سازی برآورد شد. در آخر، مکانیسم سازگار با نتایج جنبشی مشاهده شده پیشنهاد گشت[۲۶].

دیرکوند و کوتی (۱۳۸۹)، محلول سولفات مس با محلولی از نمک سدیم پتاسیم تارتارات و هیدروکسید سدیم درحضور سورفکتانت‌های سدیم دودسیل سولفات، تریتون ایکس، مخلوطی

[۲] Hussaina

از سدیم دودسیل سولفات و تریتون ایکس، ستیل‌تری متیل آمونیم برمید و پلی اتیلن گلیکول، واکنش داده شد. سپس محصولات بدست آمده با گلوکز کاهنده واکنش داده شد که در مدت زمان و بازده مناسب، نانواکسید مس I بدست آمد. بررسی‌های طیف‌سنجی سنتز این نانوذرات را تایید می‌کند. اندازه کریستالهای نانواکسید بدست آمده برای زمانی که از سورفکتانت سدیم دودسیل سولفات استفاده شد،۴۲/۲۴ نانومتر و برای تریتون ایکس، ۴۳/۶۸ نانومتر و برای مخلوطی از سدیم دودسیل سولفات و تریتون ایکس، ۳۴ نانومتر و برای ستیل تری متیل آمونیم برمید، ۴۸ نانومتر و برای پلی‌اتیلن گلیکول، ۴۰/۶۴ نانومتر می‌باشد[۶].

نعمتی و همکاران (۱۳۸۹)، مقایسه تأثیر پایدار کننده‌ها بر اندازه و پایداری نانو ذرات کروی طلا که در این مقاله از سنتز شیمیایی برای ساخت نانو ذرات طلایی کلوئیدی شده است تأثیر سیترات سدیم و CATB به عنوان پایدارکننده بر اندازه و پیادارى نانو ذرات طلا بررسی شد. برای تقریب اندازه ذرات ضرب مرئی فرابنفش (uv-visible) استفاده شده با افزایش غلظت پایدارکننده ذرات کوچکتری تشکیل می‌شوند. همچنین ذرات ساخته شده با پایدارکننده‌ی سیترات سدیم نسبت به ذرات سنتز شده با CATB درغلظت‌های برابر،کوچکتر هستند و پایداری بیشتری نیز دارند[۱۴].

محمود[۱] و همکاران (۲۰۰۴)، اصلاح یا تغییرکریستال کلسیم سولفات و هیدراته با استفاده از بعضی از عوامل فعال سطحی به خاطر تأثیر برخی از عوامل فعال سطحی (سورفکتانت) به عنوان افزودنی‌ها در کریستال کردن گچ رسوبی تحت شرایط فرآیند دهیدرات شبیه‌سازی شده توسط اسید فسفریک مورد بررسی قرار گرفت فسفات کلسیم هیدروژن و اسید سولفوریک یک رقیق در دمای $80\ ^{0}C$ ترکیب شدند. مقیاس و زمان القا در دوره‌های زمانی مختلف در کریستال رسوبی تعیین می‌کند. دو نمونه ازسورفکتانت، عبارت است ازاستیل تری متیل آمونیوم برمید CTABکه یک سورفکتانت کاتیونی است و دیگری سدیم دو دسیل سولفات SDS که یک سورفکتانت آنیونی است که به کریستالیزاسیون رسوبی اضافه کرده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. با افزودن CTAB زمان القا کاهش می‌یابد وکارایی و رشدآنها افزایش می‌یابد در حالی که SDS زمان القا را افزایش می‌دهد و بازده و کارایی رشد را کاهش می‌یابد در مقایسه با پایه (بدون افزودنی). انرژی سطحی با CTAB افزایش پیدا می‌کند و انرژی سطحی با SDS کاهش

[۱] Mahmoud

می‌یابد در مقایسه با پایه بدون افزودنی. ساختار گچ رسوبی از حالت سوزنی در غیاب افزودنی تغییر می‌کند به حالت تخت در حضور CTAB [۳۶].

فرانک[۱] و همکارانش (۱۹۸۸)، سینیتیک کریستالیزاسیون اسیدسالیسیلیک در واکنش سالیسیلات سدیم و اسیدسولفوریک در کریستالیزور ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. پس از تعیین سرعت هسته‌زایی اولیه و ثانویه و سرعت رشد و به هم پیوستگی ذرات، توزیع اندازه ذرات به خوبی توسط معادله دانسیته تجمعی پیش‌بینی شده است. همچنین از مدل برای تعیین اندازه ذرات و غلظت خروجی استفاده شده است[۲۳].

دیوید[۲] و همکاران (۱۹۹۱)، سینتیک هسته‌زایی، رشد و به هم پیوستن ذرات را در کریستالیزاسیون واکنشی اسید آدیپیک بررسی کرده‌اند. کریستالیزاسیون به صورت نیمه‌پیوسته انجام شده است و توزیع اندازه ذرات بر حسب زمان اندازه‌گیری شده است. پارامترهای سینتیکی با استفاده از برازش تعیین شده‌اند[۲۲].

عابدینی (۱۳۸۶)، یک مدل دقیق غیر همدما بر مبنای معادلات موازنه جمعیتی (مدل صفر-یک) که در برگیرنده پدیده های هسته زایی، رشد ذره و انعقاد می باشد برای پیش بینی توزیع اندازه ذرات انتخاب گردید. پارامترهایی نظیر غلظت اولیه ماده فعال سطحی، آغازگر و دما روی درصد تبدیل و توزیع اندازه ذرات به صورت تجربی و به کمک شبیه‌سازی بررسی گردید. در این مطالعه نشان داده شد که توزیع اندازه ذرات دلخواه، از طریق کنترل غلظت ماده فعال سطحی آزاد، قابل حصول می‌باشد[۱۰].

عبدالکریمی وهمکاران (۱۳۸۷) زمان القا کریستالیزاسیون واکنشی نانوذرات مس در این مقاله، زمان القا برای هسته ذرات مس در دماهای ۲۵ و۳۵ درجه سانتیگراد و فوق‌اشباع‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. نانوذرات مس توسط واکنش کلرید مس با هیدرازین در محلول آبی متیل‌تری متیل آمونیوم برم CTAB تولید شده‌اند. زمان القا از نمودار جذب زمان که نتیجه مشاهده جذب محلول پس از تشکیل فوق‌اشباع توسط دستگاه اسیکتوفتومتری Uv-vis می‌باشد. تخمین زده می‌شود. از آنجایی که داده‌های اندازه‌گیری شده زمان القای طبق

[۱] Frank
[۲] David

پیش‌بینی نظریه کلاسیک هسته‌زایی قرار دارند کشش سطحی نانوذرات مس با استفاده از این نظریه محاسبه و نتایج با دو معادله موجود برای محاسبه کشش سطحی مقایسه شده است[۹].

۷- تجزیه و تحلیل نتایج تحقیق

در این تحقیق موفق شدیم توسط ضد حلال آب مقطر، محلول اشباع کلسترول را به فوق اشباع رسانیده و در حضور مواد فعال سطحی (CTAB)، نانوذرات کلسترول تولید کنیم.

زمان القای نانوذرات کلسترول با افزودن مواد فعال سطحی (CTAB) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، اندازه‌گیری و مشاهده شد که با افزایش فوق اشباع، زمان القا و حجم مصرفی ضد حلال آب مقطر کاهش می‌یابد. نتایج اندازه‌گیری زمان القا طبق پیش‌بینی نظریه کلاسیک هسته‌زایی قرار دارند.

در غلظت‌های مختلف کلسترول بدون افزودن مواد فعال سطحی به دلیل ناپایداری بسیار زیاد کلسترول با برخورد ضد حلال به سطح محلول کدری به سرعت تشکیل و مشاهده شد، زمان‌های القا کم‌تر از یک ثانیه بدست آمد. حضور افزودن مواد فعال سطحی (CTAB) تاثیر قابل ملاحضه ای بر هسته زایی و زمان القای نانو ذرات کلسترول داشته و پایداری آن‌ها را افزایش می‌دهد.

در یک غلظت ثابت کلسترول با افزایش غلظت مواد فعال سطحی (CTAB)، زمان القا افزایش و حجم ضد حلال مصرفی کاهش می‌یابد. همچنین پایداری بیشتری در نانوذرات مشاهده شد.

افزودن مواد فعال سطحی (SDS) به محلول کلسترول و متانول، محلول را کدر کرد. مواد فعال سطحی (SDS) در متانول نامحلول و بصورت سوسپانسیون، کدر رنگ مشاهده شد.

۸- نتایج حاصل از استفاده مواد فعال سطحی (CTAB) در غلظت‌های مختلف کلسترول

۱- با افزایش میزان فوق اشباع، زمان القا کاهش می یابد

۲- با افزایش میزان فوق اشباع، حجم مصرفی ضدحلال آب مقطر کاهش می یابد.

۳- با افزایش ضدحلال مصرفی آب مقطر، زمان القا افزایش می یابد

۴- مقایسه نتایج با مدل‌ها نشان می دهد که احتمال تشکیل نانوذره در مرحله اختلاط هسته‌زایی وجود دارد و با نظریه کلاسیک هسته‌زایی مطابقت دارد.

۵- مقایسه نمودارها نشان می‌دهد همواره هسته زایی ثانویه بر هسته زایی اولیه تفاوق دارد.

۹- نتایج حاصل از غلظت‌های مواد فعال سطحی (CTAB) در غلظت ثابت کلسترول

۱- با افزایش غلظت (CTAB)، زمان القا افزایش می‌یابد.

۲- با افزایش غلظت (CTAB)، میزان حجم مصرفی ضد حلال آب مقطر کاهش میابد.

۳- با افزایش ضدحلال مصرفی آب مقطر، زمان القا کاهش می‌یابد.

۴- مقایسه نتایج با مدل‌ها نشان می‌دهد که احتمال تشکیل نانوذره در مرحله اختلاط هسته‌زایی وجود دارد و با نظریه کلاسیک هسته‌زایی مطابقت دارد.

۵- مقایسه نمودارها نشان می‌دهد همواره هسته زایی ثانویه بر هسته زایی اولیه تفاوق دارد.

۱۰- نتایج حاصل از استفاده مواد فعال سطحی (SDS) در غلظت‌های مختلف کلسترول

۱- در غلظت‌های مختلف کلسترول، مواد فعال سطحی (SDS) به محض حل شدن در محلول، آن را کدر می‌کرد.

۲- حل شدن مواد فعال سطحی (SDS) در محلول کلسترول و متانول بصورت سوسپانسیون مشاهده شد.

منابع و ماخذ

[۱۷] **Anthony , J.Hickey.,Ganderton, D.,(۱۹۹۵ Pharmaceutical Process Engineering , (۲nd Ed).ISBN ۹۷۸-۱٤۲۰۰۸٤۷۵-۷. moders, Chem. Eng. Sci., ۱۹۹٦, ۵۱, ۲٤٤۹-۲٤۵۸.**

[۱۸] **Aoun, M., Plasari, E., David, R., Villermaux, J., Are barium sulphate kinetics sufficienfly known for testing precipitation reactor moders, Chem. Eng. Sci., ۱۹۹٦, ۵۱, ۲٤٤۹-۲٤۵۸.**

[۱۹] **Brar, S., Verma, M., Tyagi, R., Surampalli, R., Engineered nanoparticles in wastewaterand wastewater sludge – Evidence and impacts., aste Management Volume ۳۰, Issue ۳, March ۲۰۱۰, Pages ۵۰٤–۵۲۰.**

[۲۰] **Colton ,J.S. and Suh, N.p.,(۱۹۸۷), The Nucleation Of Microcellular Thermoplastic Foam With Additive, Part I: Theoretical Considerations , Polym .Eng .Sci.,۲۷٤۸۵-٤۹۲.**

[۲۱] **Correm, Le., Kristell, S., Eugenia, Valsami-Jones., Phil, Hobbs., Simon, A. Parsons.,(۲۰۰۵), Impact of calcium on struvite crystal size, shape and purity., Journal of**

Crystal Growth, Volume ۲۸۳, Issues ۳-٤, ۱ October ۲۰۰٥, Pages ٥۱٤-٥۲۲.

[۲۲] David, R., Villermaux, J., Marchaln P., Klein, J. P.,(۱۹۹۱) Crystallization and precipitation engineering-٤Kinetic model of adipic acid crystallization, Chem. Eng. Sci., ۱۹۹۱, ٤٦, ۱۱۲۹-۱۱۳٦.

[۲۳] Franck, R., David, R, (۱۹۹۸), Villermaux,J., Klein, J.P., Crystallization and Precipitation engineering ۲. A chemical reaction engineering approach to salicylic acid precipitation: modeling of batch kinetics and application to continuous operation, chem. Eng. -Sci., ۱۹۸۸, ٤۳, ٦۹-۷۷.

[۲٤] Ghader, S., Manteghian, M. Kokabi, M. SarrafMamoory, R., "Induction time for reaction crystallization of silver nanoparticles", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ۲۰۰۷.

[۲٥] Geim, A. K., “Graphene: Status and Prospects”, Science, Vol.۳۲٤, pp.۱٥۳۰–۱٥۳٤ (۲۰۰۹).

[۲٦] Hussaina , j.i., taliba , a ., kumarb , s., thabaitic , s.a., hashmia , a.a., khan a, z. , (۲۰۱۱) , time dependence of nucleation and growth of silver nanoparticles , colloids and surfaces , a : physicochemical and engineering aspects volume ۳۸۱, issues ۱-۳ , ۲۰ may , pages ۲۳-۳۰.

[۲۷] Isopescua, C. R. Mateescub C. Mihaia, M. Dabija, G., "The effects of organic additives on induction time and characteristics of precipitated calcium carbonate", Journal of chemical Engineering Research and Design, Vol. ۸۸, pp. ۱٤٥۰–۱٤٥٤, ۲۰۱۰.

[۲۸] Izquierdo P., Esquena J., Tadros T.F., Dederen C., Garcia M.J., Azemar N., Solans C. ۲۰۰۲. Formation and

stability of nanoemulsions prepared using the pHase inversion temperature method. Langmuir. ۱۸, ۱: ۲۶–۳۰.

[۲۹] Kobari, M., Kubota, N., Hirasawa, I.,(۲۰۱۲), Secondary nucleation-mediated effects of stirrer speed and growth rate on induction time for unseeded solution, CrystEngCom, Issue ۱۶, ۲۰۱۲.

[۳۰]Kazeminezhad, I., Mosivand, S., "Effect of Surfactant Concentration on Size and Morphology of Electrooxidated Fe_3O_4 Nanoparticles", in the proceeding of ۳rd Conference on Nanostructures, Kish island (۲۰۱۰).

[۳۱]Kong H., Jang J. Antibacterial properties of novel poly (methyl methacrylate) nanofiber containing silver nanoparticles, Langmuir, ۲۰۰۸, ۲۴: ۲۰۵۱- ۲۰۵۶.

[۳۲]Kurtana, U. Topkayab, R., Baykala, A., Toprak, M.S., Temperature dependent magnetic properties of $CoFe_2O_4$/CTAB nanocomposite synthesized by sol–gel auto-combustion technique, Ceramics International, Volume ۳۹, Issue ۶, August ۲۰۱۳, Pages ۶۵۵۱–۶۵۵۸.

[۳۳]Koch. C., Processing, Nanostructured Materials: Properties and Potential Applications, Noyes Publications, New York, (۲۰۰۲).

[۳۴]Li, Y., G. A. Somorjai, Nanoscale Advances in Catalysis and Energy Applications, NanoLett. ۲۰۱۰, ۱۰, ۲۲۸۹–۲۲۹۵.

[۳۵]Lagally, M. G., An Atomic-Level View of Kinetic and Thermodynamic Influences in The Growth of Thin Films: A Review, Jpn. J. Appl. Phys., ۳۲, ۱۴۹۳–۱۵۰۱ (۱۹۹۳).

[۳۶] Mahmoud.M.H.H (۲۰۰٤), Crystal modification of Calcium Sulfate dehydrate in the presence of some – active agents. Journal of Colloid, and Interface science.

[۳۷] Narendra, M. Dixit., Charles, F. Zukoski.,(۲۰۰۲), Nucleation rates and induction times during colloidal crystallization: Links between models and experiments. Physical Review E ٦٦, ۰٥١٦۰۲ ,۲۰۰۲.

[۳۸] Open Notebook Science (http://lxsrv۷.oru.edu) (٥/۱/۲۰۱٤)

[۳۹] Petersen, S. and Ulrich, J., (۲۰۱۳), Role of Emulsifiers in Emulsion Technology and Emulsion Crystallization. Chemical Engineering & Technology, Volume ۳٦, Issue ۳, pages ۳۹۸–٤۰۲, March, ۲۰۱۳.

[٤۰] Roco, M.c. (۲۰۰٥). Internationalperspective on government nanotechnology funding in ۲۰۰٥ . Journal of Nanoparticle Research (۲۰۰٥) ۷:۷۰۷-۷۱۲.

[٤۱] Rosen , MJ., and Kunjappu, JT.,(۲۰۱۲), Interfacial Phenomena (٤th ed).HoboKen , New Jersey: John Wiley & Sons Pl ,ISBN ۱-۱۱۸-۲۲۹۰۲-۹.

[٤۲] Rezaei, Milad Seyed Hadi Tabaian, Davoud Fatmehsari Haghshenas, (۲۰۱۲), Nucleation and gowth of Pd nanoparticles during electrocrystallization on pencil gapHite, Electrochimica Acta Volume ٥۹, ۱ January ۲۰۱۲, Pages ۳٦۰–۳٦٦.

[٤۳] Sasi Florencea, S., Johnb, R., Lawrence Arockiasamyc, D., Umadev, M., Structural, morpHological and optical properties of CTAB capped ZnSe nanoflakes, Volume ۸٦, ۱ November ۲۰۱۲, Pages ۱۲۹–۱۳۱.

[٤٤] Schwarzer, H. S., W. Peukert, experimental investigation into the influence of mixing on nanoparticle precipitation, Chem. Eng. Tech., ۲٥, ٦٥۷-٦٦۱ (۲۰۰۲).

[٤٥] **Shiomura, M., Sawadaishi, T., Bottom-up strategy of materials fabrication: a new trend in nanotechnology of soft materials, Current Opinion in Colloid & Interface Science, ٦, ١١-١٦, (٢٠٠١).**

[٤٦] **Tai, C.Y., Chien , W.C.,(٢٠٠٢), Effects Of Operating Variables On The Induction Period Of Cacl٢-Na٢co٣ System Journal of Crystal Growth , Vol. ٢٣٧-٢٣٩, pp.٢١٤٢-٢١٤.**

[٤٧] **Xu, C. H. Liu, D. J. Chen, W., "Effects of operating variables and additive on the induction period of MgSO٤–NaOH system", Journal of Crystal Gowth, Vol. ٣١٠, pp.٤١٣٨– ٤١٤٢, ٢٠٠٨.**

[٤٨] **Zinoviadoua, K. G. Moschakisa, T., Kiosseogloub, V., Biliaderis C. G., (٢٠١١), Impact of emulsifier-polysaccharide interactions on the stability and rheology of stabilised oil-in-water emulsions, Volume ١, ٢٠١١, Pages ٥٧–٦١. ١١th International Congress on Engineering and Food (ICEF١١).**

[٤٩] **Zumdahl, M., Steven S. (٢٠٠٩). Chemical Principles ٦th Ed.. Houghton Mifflin Company. p. A٢٣,٢.**