

## مقایسه پراکندگی نانو ذرات اکسید آهن مغناطیسی در دو محیط نفث و آب

تهمینه گیوه کی<sup>۱</sup>، ابراهیم قاسمی<sup>۲</sup>، سعید باغشاهی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات،

<sup>۲</sup> موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ،

<sup>۳</sup> دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

eghasemi@iust.ac.ir

**چکیده:** در این مقاله، نانو ذرات مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) به روش هم رسوبی سنتز شد. برای این کار، از آمونیاک به عنوان عامل رسوب دهنده، و از کلریدهای آهن (II) و (III) به عنوان منابع آهن استفاده شد. وضعیت پراکندگی نانو ذرات در دو محیط آبی و آلی (نفث) با استفاده از فعال کننده های سطح اسید اولبیک و اسید لوریک بررسی گردید و تاثیر غلظت آنها بر پراکندگی و اندازه ذرات مطالعه شد. از روش های پراش اشعه ایکس (XRD)، پراکنش لیزری دینامیک (DLS) طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) اندازه گیری نیروی گرادیانی متغیر (AGFM) به ترتیب برای تشخیص فاز، اندازه و توزیع ذرات، استقرار فعال کننده سطح بر روی ذرات، و خواص مغناطیسی استفاده شد. نتایج به دست آمده از روش تفرق پراکنش دینامیک لیزری (DLS) نشان داد که میانگین اندازه متوسط هیدرودینامیکی ذرات در محیط نفث و در محیط آبی به ترتیب در محدوده ۱۸-۴۴nm و ۶۸-۸۹nm نانومتر تغییر می کند. در ضمن بررسی خواص مغناطیسی نشان داد که با افزایش غلظت فعال کننده سطح، خواص مغناطیسی به ویژه مغناطیس اشباع کاهش می یابد.

**کلید واژه:** نانو ذرات، مگنتیت، فعال کننده سطح، خواص مغناطیسی، پایداری.

### ۱- مقدمه

نانو ذرات مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) به علت خواص ویژه مغناطیسی و زیست سازگاری در حال حاضر تا حد زیادی مورد توجه محققین قرار گرفته است. این ماده دارای ساختار اسپینلی معکوس است و در ابعاد نانومتری خواص ویژه ابر پارامغناطیسی از خود نشان می دهد [۱]. نانو ذرات مگنتیت به طور گسترده ای در زمینه های مختلف از جمله رسانش دارو [۲]، درمان گرمایی بافت های سرطانی [۳]، فتوکاتالیست ها [۴] و غیره کاربرد دارد. همه این کاربردها مستلزم این است که این ذرات، دارای وضعیت پراکندگی مناسبی داشته باشند به عبارت دیگر، اندازه آگلومره ها تا حد امکان به اندازه ذرات نزدیک باشد [۵]. در سوسپانسیون های حاوی نانو ذرات مگنتیت، نانو ذرات در اثر نیروی واندروالسی ممکن است به هم چسبیده و تشکیل آگلومره دهند که در این صورت، پایدار بودن سوسپانسیونی سیستم مختل می شود. برای جلوگیری از این حالت، سطح نانو ذرات به وسیله مقادیر مختلف فعال کننده سطح پوشانده می شود. رایج ترین راه سنتز این ذرات، روش هم رسوبی<sup>۱</sup> یون های نمک آهن هیدراته دو و سه ظرفیتی در

<sup>۱</sup> coprecipitation

حضور یک باز قوی می‌باشد [۶]. واکنش شیمیایی تشکیل آن بصورت زیر است:



طبق این واکنش، برای تولید مگنتیت، نسبت مولی اولیه ۲:۱، از  $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$  نیاز است. اما وقتی آماده سازی در معرض هوا انجام می‌شود،  $\text{Fe}^{2+}$  به  $\text{Fe}^{3+}$  اکسید می‌شود [۷]. برای جلوگیری از این واکنش ناخواسته، معمولاً از اتمسفر خنثی برای سنتز استفاده می‌گردد. گفته می‌شود که فعال کننده سطح نیز با پوشاندن سطح، تاثیر مثبتی در این رابطه دارد.

با توجه به کاربردهای این نانوذرات، پایدار بودن در محیط‌های آبی و آلی در کنترل ویژگی‌های محصولات نهایی نقش ضروری دارد [۸]. برای ایجاد پایداری در نانو ذرات روش‌های مختلفی وجود دارد یکی از روش‌ها اصلاح سطح ذرات توسط فعال کننده سطح‌های مختلف می‌باشد.

فعال کننده‌های سطح معمولاً ترکیبات آلی هستند که دارای گروه‌های آبدوست و آبگریز می‌باشند. گروه‌های آبگریز نقش دم و دنباله را دارد و شامل ترکیباتی از فلزات قلیایی یا بنیان‌های دیگر است و گروه‌های آبدوست، نقش سر فعال کننده سطح را دارد که شامل رادیکال هیدروکربن است. وجود طبیعت دو گانه سبب ویژگی‌های خاصی در این مولکول‌ها می‌شود به طوری که می‌توانند در آب حل شده و در سطح مشترک آب-هوا یا بین دو سطح از دو فاز مختلف تجمع یافته و سبب کاهش کشش سطحی شوند. یکی از کاربردهای فعال کننده‌های سطح، استفاده از آن‌ها در سوسپانسیون‌های کلوییدی است. از آنجا که در سوسپانسیون‌های حاوی نانوذرات با کاهش اندازه ذرات حرکت براونی افزایش می‌یابد از این رو ذرات شانس زیادی برای نزدیک شدن به یکدیگر و تشکیل آگلومره دارند. استفاده از این مواد باعث می‌شود یکی از دوسر آنها به کلویید متصل شده و سر دیگرشان به محلول نزدیک شود. بنابراین سرهایی که در محلول قرار دارند همانم بوده و سبب دافعه بین کلوییدها می‌شوند و در نتیجه از تجمع و بهم پیوستن آنها ممانعت می‌کنند.

در این تحقیق، تاثیر عواملی مانند نوع و مقدار فعال کننده‌های سطح بر پراکنندگی نانو ذرات مگنتیت در محیط نفت و آبی مورد بررسی قرار گرفته است و برای این کار از اسیدهای چرب اولئیک<sup>۱</sup> و لوریک<sup>۲</sup> استفاده شده است. قبل از این، بررسی‌های متعددی در زمینه سنتز و پایدارسازی این نانوذرات با استفاده از عوامل سطحی فوق و دیگر عوامل سطحی انجام شده است و محدوده غلظت مناسب برای پایداری بطور تقریبی مشخص شده است [۸ و ۹] ولی در خصوص مقایسه عملکرد این دو فعال کننده سطحی بر توزیع اندازه ذرات و ویژگی‌های مغناطیسی درمقادیر مختلف، مطلبی منتشر نشده است.

## ۲- روش کار تجربی

### ۲-۱- مواد اولیه

کلریدهای آهن دو ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) و سه ظرفیتی ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، هیدروکسید آمونیوم ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )، اسید اولئیک و اسید لوریک ساخت شرکت مرک<sup>۳</sup> و با خلوص بالاتر از ۹۹٪ و آب دی یونیزه استفاده شد.

<sup>1</sup> Oleic

<sup>2</sup> Lauric

<sup>3</sup> Merck

## ۲-۲- روش ساخت فروسیال

برای تهیه نانوذرات مغناطیسی مگنتیت از روش هم‌رسوبی استفاده شد. ابتدا با حل کردن مقادیر مشخص از نمک‌های آهن (II) و آهن (III) به‌عنوان منابع تولید یون‌های آهن (II) و آهن (III) در ۵۰ cc آب، محلول‌های یک مولار از هر یک از نمک‌ها تهیه شد. محلول‌های حاصل با نسبت وزنی ۲:۱ از آهن (II): آهن (III) در یک راکتور شیشه‌ای چند دهانه با هم مخلوط شده و با استفاده از همزن مکانیکی به مدت ۵ min در دمای انتخاب شده هم‌زده شد. در این مرحله، رنگ محلول نارنجی رنگ بود (در تمام مراحل سنتز برای جلوگیری از اکسید شدن  $Fe^{2+}$  به  $Fe^{3+}$  از اتمسفر خنثی استفاده شد و برای این کار در تمام مراحل سنتز، به طور پیوسته گاز نیتروژن به داخل راکتور و محلول‌های اولیه دمیده شد. در هر نمونه مقدار و نوع مشخصی از فعال‌کننده سطح (طبق جدول ۱) افزوده و بطور مجدد به مدت ۱۰ min (۵ min با سرعت ۲۰۰ rpm و ۵ min با سرعت ۵۰۰ rpm) هم‌زده و در نهایت با استفاده از افزودن سریع ۷۰ ml محلول ۲۵٪ بازی هیدروکسید آمونیوم و افزایش دور هم‌زن، pH محلول به ۱۱ رسانیده شد. به محض افزودن باز، رنگ محلول سیاه رنگ شد. بعد از گذشت زمان لازم جهت به هم‌زدن محلول و یکنواختی آن (به مدت ۲۰ min)، عمل هم‌زدن متوقف و رسوب سیاه حاصل به روش ته‌نشینی به کمک آهنربا از محلول جدا و محلول باقی‌مانده از آن سرریز گردید. برای جدا کردن کامل آمونیاک و پایین آوردن pH به حدود ۷، عملیات شستشو چندین بار با آب مقطر تکرار شد و در نهایت به‌منظور پراکنده کردن ذرات در سیال مورد نظر رسوب به‌دست آمده در مقدار ۱۵ cc آب مقطر یا نفت ریخته شد. نمونه‌هایی که در آب یا نفت ریخته شد به مدت ۵ min عمل التراسونیک انجام شد.

توزیع اندازه ذرات با استفاده از آنالیز تفرق لیزری دینامیک انجام شد برای این کار، از دستگاه Brookhaven مدل 90PLUS با دقت اندازه‌گیری بین ۶۰۰۰-۱۰ nm استفاده گردید. برای انجام این آزمون ابتدا نمونه‌ها تا حد لازم برای عبور نور، رقیق و قبل از اندازه‌گیری به مدت ۱-۲ min توسط همگن‌ساز<sup>۱</sup> همگن شدند.

برای بررسی مقدار پوشش سطحی موجود در نمونه‌ها، مقداری از سوسپانسیون حاصل از سنتز در یک ظرف شیشه‌ای ریخته و به مدت ۵ ساعت در دمای ۷۰°C در آون خشک و برای انجام تست FTIR به کار گرفته شد. برای بررسی نوع فازهای تشکیل شده از آنالیز پراش اشعه ایکس استفاده شد. برای این کار از دستگاه مدل فیلیپس PW3710 با لامپ Cu-K $\alpha$  استفاده گردید. برای کاهش اثر جذب و خطا از سیستم تکفام‌ساز<sup>۲</sup> استفاده شد. برای سنجش اندازه بلورک‌ها از روش شرر استفاده شد:

$$D=0.9\lambda/(\beta\cos\theta) \quad (2)$$

که در آن  $\beta$  عرض پیک در نصف ارتفاع بر حسب رادیان،  $\lambda$  طول موج اشعه ایکس بر حسب نانومتر،  $D$  متوسط اندازه بلورک بر حسب نانومتر و  $\theta$  نصف زاویه تفرق بر حسب رادیان است.

جهت بررسی خواص مغناطیسی از دستگاه AGFM مدل ۱۵۰ متعلق به شرکت مغناطش دقیق کاشان استفاده شد.

<sup>1</sup> Homogenizer

<sup>2</sup> Monochromator

### ۳- نتایج و بحث

جدول ۱ نمونه‌های مختلف آماده شده و شرایط تهیه آنها را نشان می‌دهد. پس از آماده‌سازی، وضعیت پایداری به صورت چشمی مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس این جدول، نمونه D که دارای ظاهر ناپایدار بود حذف و سایر نمونه‌ها مورد بررسی دستگاهی قرار گرفت.

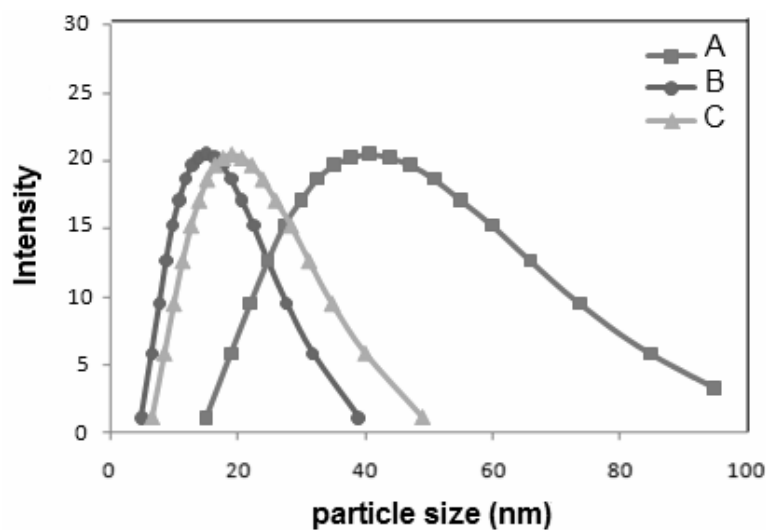
جدول ۱- شرایط آماده سازی نمونه‌های مختلف

نمونه	نوع محیط	نوع فعال کننده سطح	غلظت فعال کننده سطح (wt%)	وضعیت ظاهری
A	نفت	اسیداولییک	۲	پایدار
B	نفت	اسیداولییک	۵	پایدار
C	نفت	اسیداولییک	۸	پایدار
D	آبی	اسید لوریک	۲	ناپایدار
E	آبی	اسید لوریک	۵	پایدار
F	آبی	اسید لوریک	۸	پایدار

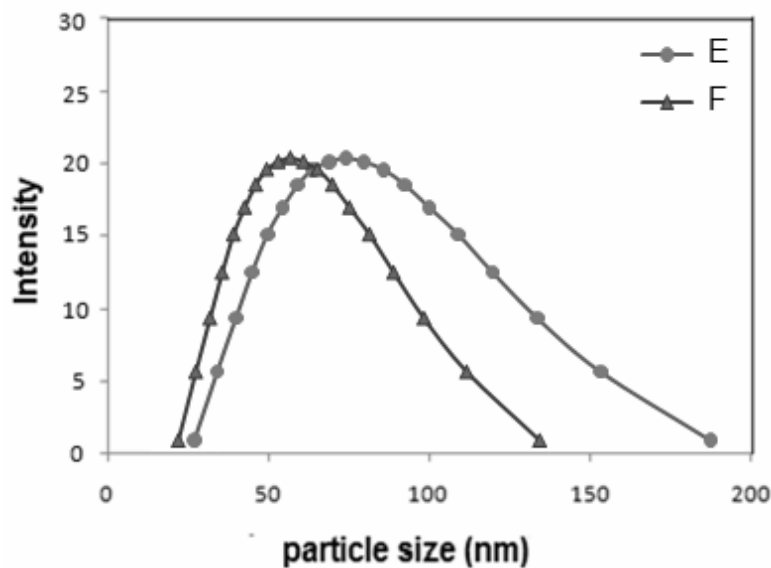
### ۳-۱- آنالیز DLS

شکل‌های ۲ و ۱ به ترتیب مربوط به وضعیت توزیع اندازه ذرات نمونه‌های پایدار شده با مقادیر ۲، ۵ و ۸ درصد وزنی اسید اولییک در محیط نفت و مقادیر ۵ و ۸ درصد وزنی اسید لوریک در محیط آبی می‌باشد. همان‌طور که از این شکل پیداست بین مقادیر مختلف اسید اولییک و اسید لوریک نمونه‌های B و F نسبت به سایر نمونه‌ها دارای توزیع اندازه باریک‌تر و اندازه متوسط ذرات کمتر می‌باشند که نشان دهنده مقدار مناسب اسید اولییک و اسید لوریک اضافه شده به نانو ذرات و ایجاد اندازه ذرات کوچکتر می‌باشد. می‌توان گفت که هر چقدر مقدار پوشش سطحی ذرات مناسب‌تر باشد فروسیال حاصل از پایداری بیشتری برخوردار است چون افزایش ضخامت پوشش فعال کننده سطحی موجب پیشگیری از رشد ذرات و در نهایت ایجاد پایداری بهتر می‌شود. در کارهای قبلی گزارش شده است که غلظت فعال کننده سطحی دارای یک حد بهینه است [۱۰]. به عبارت دیگر به کمک عوامل سطحی تا یک اندازه مشخص بحرانی از غلظت عامل سطحی، اندازه ذرات کاهش و در بالاتر از آن افزایش می‌یابد. در اینجا نیز نتایج به دست آمده این موضوع را تایید می‌کند. این مقدار بحرانی از فعال کننده سطحی در محیط نفت، ۵ درصد وزنی از اسید اولییک و در محیط آبی ۸ درصد وزنی از اسید لوریک است. با کاهش مقدار عامل سطحی از حد بحرانی، به دلیل عدم وجود دافعه استریک، نانو ذرات به یکدیگر نزدیک شده و آگلومره ایجاد می‌شود و با افزایش عامل‌های سطحی به بیش از حد بحرانی نیز احتمالاً به دلیل درگیر شدن شاخه‌های عوامل سطحی با یکدیگر، تشکیل میسل‌ها و پدیده دپلشن<sup>۱</sup> آگلومره ایجاد شده و ذرات بزرگ می‌شوند [۱۱]. نحوه قرارگیری فعال کننده سطح بر روی سطح نانو ذرات در شکل ۳ به صورت یک مدل فرضی نشان داده شده است. اگر غلظت از حدی بیشتر شود، شاخه‌های فعال کننده سطح به هم متصل شده و میسل تشکیل می‌دهند. در این صورت، ذرات به جای دور شدن از هم به یکدیگر نزدیک شده و اندازه ذرات به دلیل تشکیل ساختارهای کلوخه‌ای، بزرگتر می‌شود.

<sup>1</sup> Depletion

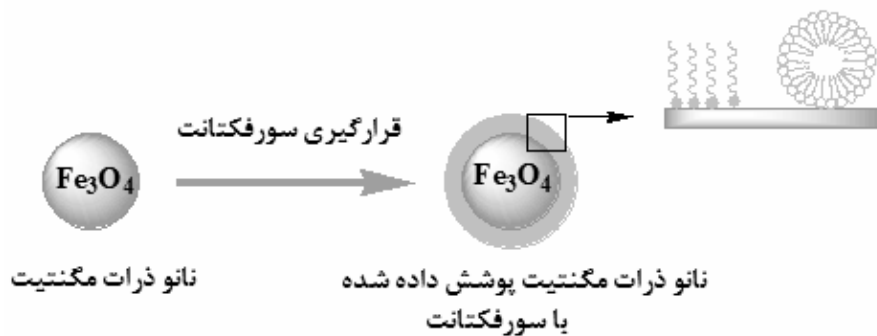


شکل ۱- مقایسه توزیع اندازه ذرات در نمونه‌های پایه نفت با مقادیر مختلف اسید اولئیک



شکل ۲- مقایسه توزیع اندازه ذرات در نمونه‌های پایه آبی با مقادیر مختلف اسیدلوریک

انواع قرارگیری سورفکتانت های متصل شده



شکل ۳- نحوه قرارگیری فعال کننده سطح بر روی سطح نانو ذرات مگنتیت

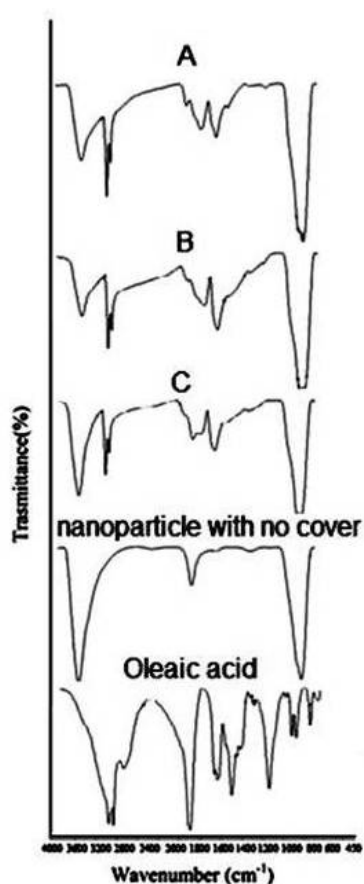
از بین مقادیر مختلف اسید لوریک در محیط نفت در نمونه D به علت کم بودن مقدار عامل سطحی نسبت به نمونه E و F، عامل سطحی نتوانست به طور کامل بر روی سطح نانو ذرات قرار گیرد و نیز کوتاه بودن طول شاخه اسید لوریک نسبت به اسید اولئیک باعث ایجاد دافعه کم‌تر و در نتیجه ته‌نشینی نانوذرات شد (جدول ۲ اندازه متوسط هیدرودینامیکی ذرات را نشان می‌دهد).

جدول ۲- اندازه متوسط ذرات نمونه‌های پایدارشده

نمونه	نوع پوشش سطحی	میانگین اندازه هیدرودینامیکی ذرات (nm)
A	اسید اولئیک	۱۸
B	اسید اولئیک	۲۲
C	اسید اولئیک	۴۴
E	اسید لوریک	۸۹
F	اسید لوریک	۶۸

### ۳-۲- آنالیز FTIR

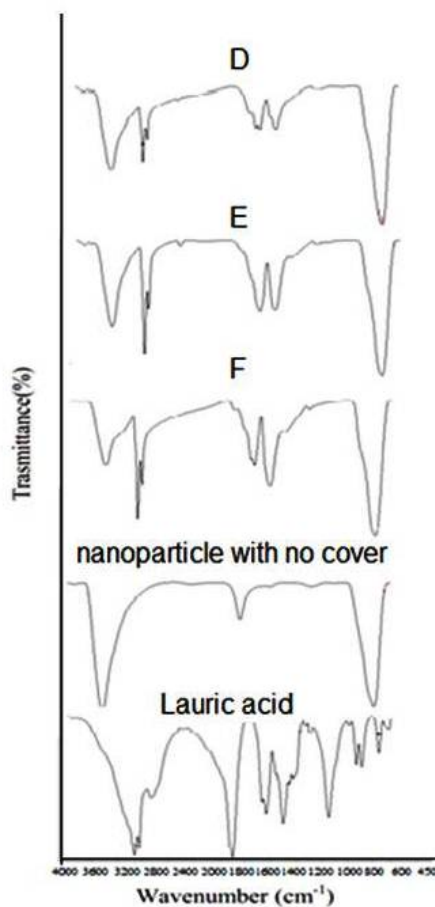
بر روی نمونه‌های پایدار شده توسط مقادیر مختلف، اسید اولئیک در محیط نفت و اسید لوریک در محیط آبی آزمون طیف سنجی مادون قرمز انجام شد. نتایج حاصل از جذب پرتو مادون قرمز (FTIR) برای اسید اولئیک خالص، نانو ذرات مگنتیت فاقد



عوامل سطحی و نمونه‌های A، B و C در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به نمودارهای FTIR اسید اولئیک و مگنتیت خالص می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که پیک‌های نسبتاً قوی و دوقلوی موجود در اعداد موج  $2924-2849 \text{ cm}^{-1}$  برای سه نمونه A، B، C مربوط به ارتعاشات کششی پیوند (C-H) نفتاتیک و پیک‌های ضعیف در اعداد موج بالای  $3000 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاشات کششی پیوند (C-H) نفتینی است. پیک موجود در اعداد موج  $1415-1414-1412$  برای هر سه نمونه نشان دهنده ارتعاشات کششی پیوند (C-O) ناشی از  $\text{CO}_2$  موجود در هوا است. پیک‌های موجود در محدوده  $1624-1536$  نشان دهنده ارتعاشات کششی (COOH-) است که نشان دهنده آن است که اسید اولئیک با سطح نانو ذرات کمپلکس تشکیل داده است. پیک‌های موجود در  $630-584$  برای نمونه‌های مگنتیت دارای عوامل سطحی و نمونه‌های بدون فعال کننده سطح نشان دهنده پیوند (Fe-O) در مواضع چهاروجهی می‌باشد. با توجه به این که پیک‌های مربوط به (C-H) اسید اولئیک در نمونه‌های A، B، C به ترتیب جذب بیشتری را نشان می‌دهند، این نتیجه حاصل می‌شود که اسید اولئیک در این جا نیز به ترتیب به مقدار بیشتری بر روی سطح ذرات این نمونه‌ها قرار گرفته است. با توجه به ساختار اسید اولئیک می‌تواند باعث ایجاد پایداری در محیط نفت شود.

شکل ۴- الگوی FTIR نانو ذرات پوشیده با مقادیر مختلف اسید اولئیک در محیط نفت

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود اسید لوریک خالص نیز دارای دو پیک جذب تیز در عدد موج ۲۹۲۱-۲۸۵۲ است. این دو پیک به ارتعاشات کششی پیوند (C-H) نفتناتیک مربوط است [۱۲]. مشخصه اسید لوریک پیک جذبی در عدد موج ۱۶۹۸ است که نشان دهنده پیوند (C=O) می باشد. پیک های موجود در عدد موج ۱۴۳۲ مربوط به پیوند خمشی (C-H) است. با توجه به این که پیک های مربوط به C-H اسید لوریک در نمونه های D، E و F به ترتیب جذب بیشتری را نشان می دهند، این نتیجه حاصل می شود که اسید لوریک به ترتیب به مقدار بیشتری بر روی سطح ذرات نمونه ها قرار گرفته و با توجه به ساختار اسید لوریک می تواند باعث ایجاد پایداری بهتر در محیط آبی شود.



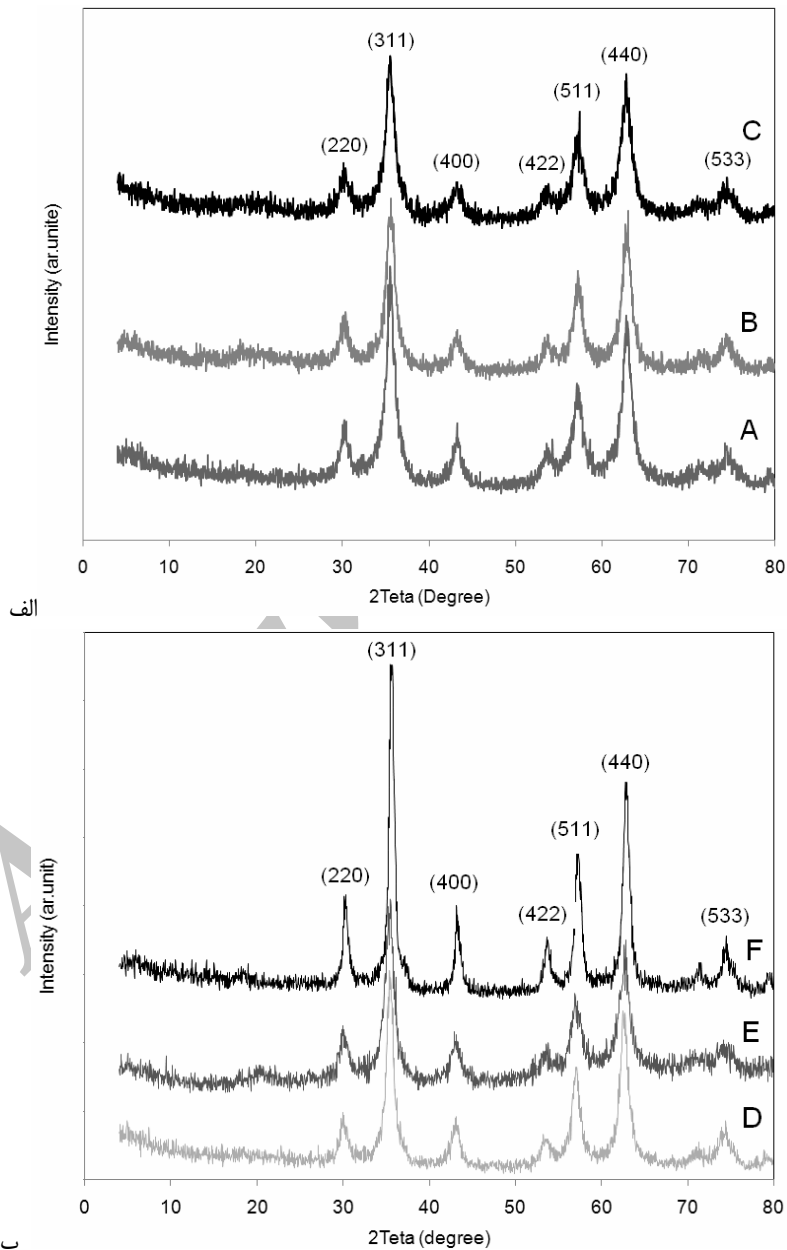
شکل ۵- الگوی FTIR نانو ذرات پوشیده با مقادیر مختلف اسید لوریک در محیط آب

### ۳-۳- آنالیز پراش اشعه ایکس

نتایج حاصل از بررسی فازی (XRD) نمونه های خشک شده سه فروسیال A، B، C در شکل (۶-الف) و سه فروسیال D، E، F در شکل (۶-ب) نمایش داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود هر شش نمونه از یک فاز تشکیل شده اند و با مقایسه این شکل ها با کارت مگنتیت (۰۶۲۹-۱۹) مشخص می شود که تمامی پیک ها منطبق با پیک مربوط به مگنتیت هستند. لازم به ذکر است که دو فاز مگنتیت و مگمیت<sup>۱</sup> به دلیل دارا بودن ساختار بلوری یکسان دارای پیک های مشابه هم

<sup>۱</sup> Maghemite

هستند و با وجود این که این موضوع در برخی مراجع مورد تاکید واقع شده است، با این حال در بسیاری از مراجع تنها به استناد به شکل ساده‌ای از الگوی پراش اشعه ایکس و بدون ارائه بررسی‌های تکمیلی‌تر به وجود فاز مگنتیت یا مگمیت اشاره شده است. مشخص شده است که در صورت تماس سطح ذرات مگنتیت با اکسیژن امکان اکسید شدن و تبدیل آن به مگمیت ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) وجود دارد، از این رو برای اطمینان از عدم اکسیداسیون مگنتیت، فرآیند سنتز در محیط عاری از اکسیژن انجام می‌شود [۱۲ و ۱۷]. پس با توجه به این که ذرات اکسید آهن در مجاورت گاز نیتروژن تهیه شدند می‌توان گفت که احتمال اکسیداسیون و تبدیل فازی آنها کمتر است و نانوذرات بدست آمده عمدتاً از نوع مگنتیت می‌باشند.

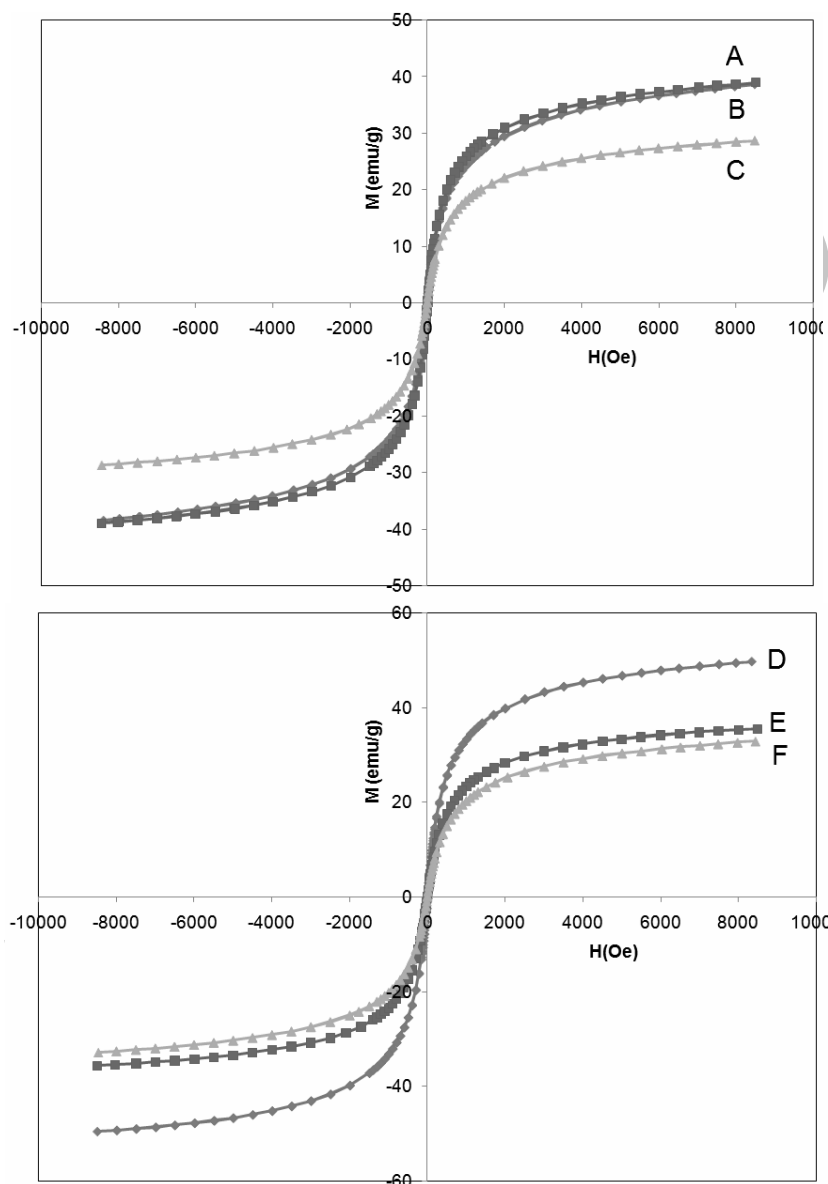


شکل ۶- الگوی پراش اشعه ایکس برای نمونه‌هایی از نانو ذرات مغناطیسی  
 الف) در محیط نفت با اسید اولئیک ب) در محیط آبی با اسید لوریک



### ۳-۴- آنالیز AGFM

همان طور که در شکل ۷ مشاهده می شود در منحنی هیستریزیس مغناطیسی، حلقه هیستریزیس خاصی مشاهده نمی شود، همچنین مقدار  $M$  با افزایش شدت میدان به حد اشباع نمی رسد. این رفتار، مشابه رفتار ابرپارامغناطیسی می باشد [۱۳ و ۱۴]. البته برای اثبات این رفتار، نیاز به انجام آزمون های تکمیلی تر وجود دارد.



شکل ۷- منحنی هیستریزیس مغناطیسی برای نمونه های نانو ذرات مغناطیسی (الف): در محیط نفت و (ب): در محیط آب

برای محاسبه اشباع مغناطیسی، نمودار  $M$  بر حسب  $1/H$  رسم شد و محل برخورد امتداد منحنی با محور مغناطیسی شدن به عنوان اشباع مغناطیسی در نظر گرفته شد [۱۵]. نتایج اندازه گیری های مغناطیسی در جدول ۳ آورده شده است. این جدول نشان

<sup>1</sup> Alternating Gradient Force Magnetometer

می‌دهد که با افزایش مقدار عامل سطحی، مقدار مغناطیس اشباع و پذیرفتاری مغناطیسی برای هر دو نوع ماده فعال سطحی کاهش می‌یابد. فو<sup>۱</sup> و همکاران [۱۶] در تحقیقی که به مقایسه اثر عوامل سطحی به صورت دولایه و تک لایه بر پایداری فروسیال حاوی نانوذرات مگنتیت پرداخته‌اند مشاهده کردند که با افزایش لایه‌های عوامل سطحی، مغناطیسی شدن کاهش می‌یابد که علت آن را کاهش مقدار ذرات مغناطیسی در وزن‌های مساوی از فروسیال با افزایش مقدار عوامل سطحی مطرح کردند. بنابراین به طور مشابه می‌توان چنین استنباط نمود که با افزایش پوشش سطح ذرات توسط عوامل سطحی، میزان نفوذ مغناطیسی کاهش یافته و خواص مغناطیسی دچار افت می‌شود. باید توجه داشت که روند افت اشباع مغناطیسی برای عوامل سطحی اسید لوریک و اسید اولئیک یکسان و خطی است که علت آن به ویژگی ذاتی عوامل سطحی مانند طول شاخه فعال کننده سطح و تعداد کربن مربوط می‌شود. نکته قابل توجه دیگر این است که مقدار افت اشباع مغناطیسی برای مقدار غلظت ۸ درصد وزنی اسید لوریک در مقابل ۸ درصد وزنی اسید اولئیک تا حد قابل توجهی بیشتر است. علت این موضوع می‌تواند به تشکیل ساختارهای میسل توسط ماده فعال سطحی مربوط شود که نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

جدول ۳- ویژگی‌های مغناطیسی نانوذرات مگنتیت حاصل از آنالیز AGFM

نمونه	پوشش سطحی	غلظت (wt%)	$X_i$	$H_c(Oe)$	$M_r(emu/g)$	$M_s(emu/g)$
S5	اسید اولئیک	۲	۳۱	۴/۳	۰/۴	۴۶
S7	اسید اولئیک	۵	۲۹	۲/۱	۰/۲	۴۴
S9	اسید اولئیک	۸	۱۸	۱/۳	۰/۱	۳۲
S10	اسید لوریک	۲	۳۴	۵/۵	۰/۶	۵۶
S11	اسید لوریک	۵	۲۸	۱/۳	۰/۰۸	۳۹
S12	اسید لوریک	۸	۲۰	۱/۵	۰/۰۸	۱۱

#### ۴- نتیجه‌گیری

نانو ذرات اکسید آهن با استفاده از روش هم‌رسوبی شیمیایی در جو اتمسفر معمولی و با استفاده از روش هم‌رسوبی سنتز شد. تاثیر فعال کننده‌های سطحی اسید اولئیک و اسید لوریک به ترتیب در محیط نفت و آب بر پراکندگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت فعال کننده سطح دارای یک حد بهینه بوده و کمترین اندازه متوسط ذرات ایجاد شده با ۵ درصدوزنی اسیداولئیک ۱۸ نانومتر و با ۸ درصد وزنی اسیدلوریک ۶۸ نانومتر می‌باشد. نتایج نشان داد که در هر دو محیط نفت و آب، از نظر غلظت ماده فعال کننده سطح یک حد بهینه باید رعایت شود. با این حال، دستیابی به پایداری مطلوب، در محیط نفت نسبت به محیط آب، مناسب تر و آسان تر است. همچنین مشخص شد که مقدار فعال کننده سطحی بر اشباع مغناطیسی اثر دارد بطوریکه با افزایش این مقدار، اشباع مغناطیسی کاهش می‌یابد.

<sup>1</sup> Fu

1. R. M. Cornell, U. Schwertmann, "The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrence and Uses", VCH, New York, (1996), pp. 28–29.
2. U. Hafeli, G. Pauer, S. Failing, G. Tapolsky, "Radiolabeling of magnetic particles with rhenium-188 for cancer therapy" J. Magn. Mater. 225 (2001) 73.
3. K. L. Ang, S. Venkatraman, R. V. Ramanujan, "Magnetic PNIPA hydrogels for hyperthermia applications in cancer therapy" Mater. Sci. Eng. C 27 (2007) 347.
4. D. Beydoun, R. Amal, G. K. Low, S. McEvoy, "Novel photocatalyst: titania-coated magnetite. activity and photodissolution" J. Phys. Chem. B 104 (2000) 4387.
5. S. Odenbach, "Ferrofluids-magnetically controlled suspensions" Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 217 (2003) 171-178.
6. T. Tsuchiya, Y. Miyake, T. Shigehisa, A. Tomita, M. Watanabe, "Kinetics of Magnetite Formation in a Three-Phase System", J. Chem. Eng. Jpn. 38 (2005) 509.
- A. K. Gupta, M. Gupta. Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications, Biomaterials 26 (2005) 3995–4021.
۷. ابراهیم قاسمی، بررسی خواص ریبولوژی فروسیال مغناطیسی بر پایه اکسید آهن، پایان نامه دکترا، دانشگاه علم و صنعت ایران ۱۳۷۸.
۸. تهمینه گیوه کی، ابراهیم قاسمی، فرهود نجفی، سعید باغشاهی، علی نعمتی، علم و مهندسی سرامیک جلد ۱، شماره ۱، ۱۳۹۱.
9. Amir Masoud Arab, Farhoush Najafi, "The Function of Nano-polystyrene Template and Comb Polycarboxylic Acid Surfactant in Synthesis of ZnS Nanoparticles via Hydrothermal Method", Iranian Polymer Journal, (2011) pp559-569.
10. Ahmet Sarı, Ali Karaipekli, Cemil Alkan, "Preparation, characterization and thermal properties of lauric acid/expanded perlite as novel form-stable composite phase change material", Chemical Engineering Journal, (2009) pp895-904.
11. M. T. Lopez- Lopez, J. D. G. Duran, A. V. Delgado, F. Gonzalez- Caballero, "Stability and magnetic characterization of oleate-covered magnetite ferrofluids in different nonpolar carriers" J. colloid and surface science, 291, (2005), pp. 144-151.
12. P. Gurdia, B. Betlle- Brugal, A. G. roca, O. Iglesias, M. P. Morales, C. J. Sema, A. Labarta, X.

- Battle; "Surfactant effects in magnetite nanoparticles of controlled size", Journal of magnetism and magnetic materials. (2007)316, e756-e759.
13. D. Bikka, L. vekas, M. J. Rasa, "Preparation and magnetic properties of concentrated magnetic fluids on alcohol and water carrier liquids", journal of magnetism and magnetic material, (2002); 252, pp.10.
14. Tevhide Ozkaya, Muhammet S. Toprak, Abdulhadi Baykal, Hussein Kavas, Yuksel Koseoglu, Bekir Aktas; (2009); Journal of magnetism and magnetic materials 472.pp.18-23.
15. Lei. Fu, Vinayak P. Dravid, D. Lynn Johnson; (2001); self- assembled bilayer molecular coating on magnetic nanoparticles; Applied surface science 181.pp. 173-178.

Archive of SID