بررسی اثر حضور نانوذرات نقره بر بلورینگی پلیاتیلن

مریم ابارشی^{۱،*}، سکینه مسگر شاهرودی^۲ ۱- استادیار، گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران ۲- کارشناسی ارشد، شیمی فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران Abareshi@pnu.ac.ir (تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۸/۱

چکیدہ

در این تحقیق، به منظور بررسی نقش نانوذرات نقره در بلورینگی پلی اتیلن، ابتدا نانوذرات نقره به روش کاهش شیمیایی ساخته و با کمک روشهای الگوی پراش پرتو X¹، طیف سنجی مرئی-فراینفش^۲ و میکروسکوپ الکترونی عبوری^۳ شناسایی شدند. میانگین اندزهی نانوبلورک های نقره ۲۱٫۷ نانومتر تعیین شد. سپس ترکیبهای مختلفی از نانوکامپوزیتهای پلیاتیلن-نقره^۴ شامل ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی نانوذرات نقره به روش آسیاکاری مکانیکی تهیه شدند. پس از شناسایی نمونهها به کمک الگوی پراش پرتوX و میکروسکوپ الکترونی روبشی⁶، اثر حضور نانوذرات نقره بر درجهی بلورینگی پلیاتیلن به روش نارا و کومیا^۶ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش درصد وزنی نانوذرات نقره، درجهی بلورینگی پلیاتیلن به طور قابل ملاحظهای تغییر میکند، به طوری که با افزودن نانوذرات نقره از صفر تا ۳۰ درصد وزنی، درجهی بلورینگی پلی اتیلن از ۳۶٫۴۴ به ۷۷٫۶۷ درصد افزایش می یابد.

نانو كامپوزيت پلىاتيلن-نقره، آسياكارى مكانيكى، درجەي بلورينگى.

۱ – مقدمه

بیشترین کاربرد را به عنوان زمینه در تولید مواد نانو کامپوزیتی دارا هستند [۲]. تاکنون نانو کامپوزیتهای پلیمری متنوع و بی شماری تهیه و مورد بررسی قرار گرفته است. به طور معمول سه روش اختلاط مستقیم^۷، فرآوری محلول[^] و پلیمریزاسیون درجا^۹ برای تهیهی نانو کامپوزیتهای پلیمری وجود دارد [۳]. علاوه بر این سه روش مرسوم، روش آسیاکاری مکانیکی نیز یکی از روشهای شناخته شدهای است که جهت ساخت مواد نانو کامپوزیتی مورد استفاده قرار گرفته است. در عملیات مکانیکی که با آسیاکاری انجام میشود ذرات پودری شکل به

نانو کامپوزیت به مادهای گفته می شود دارای دو یا چند جز که حداقل یکی از اجزای تشکیل دهنده ی آن در یک جهت دارای بعد نانو باشد. ابعاد فاز تقویت کننده در نانو کامپوزیت ها معمولاً بین nn ۱۰۰–۱ است. توزیع یکنواخت تقویت کننده در فاز پلیمری باعث می شود که فصل مشترک فاز زمینه و فاز تقویت کننده در واحد حجم، مساحت بسیار بالایی داشته باشد و در نتیجه خواص نانو کامپوزیت بهبود یابد [۱]. مواد پلیمری به علت خواص منحصر به فردی مانند وزن پایین، هزینه ی اندک درفرایند تولید و مقاومت در مقابل مواد شیمیایی وخوردگی پلیمری به طور منظم و لایه لایه و در نواحی آمورف به طور کاملاً بینظم قرار گرفتهاند. درجهي بلورينگي پارامترمهمي براي پليمرهاي نيمه بلورين است و بسیاری از خواص فیزیکی و مکانیکی این پلیمرها وابسته به درجهی بلورینگی آنها است. با کمک روشهای فیزیکی مانند پراش پرتو X (XRD)، گرماسنج تفاضلی روبشی^۳ (DSC)، طیف سنجی زیر قرمز^{۴۲}(IR) و رزونانس تشدید مغناطیسی هسته^{۱۵} (NMR) می توان درجهی بلورینگی پلیمرها را تعیین نمود [۹]. عباسی و همکارانش [۱۰] نانوکامیوزیتهای یلی اتیلن- نقره را به کمک اولتراسونیک تهیه کردند. آنها اثرات زمان و دمای واکنش، قدرت پرتو اولتراسونیک و معرف کاهنده را بر رشد و مورفولوژی نانوذرات نقره مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش قدرت یر تودهی اولتراسونیک، اندازهی ذرات کوچک تر و با افزایش دمای واکنش، اندازهی ذرات پخش شده بر سطح پلی اتیلن نیز بزرگتر و در نتیجه بلورینگی نانوذرات نقره بیشتر میشود. رفتار بلورینگی نانوکامپوزیت های پلی اتیلن– خاک رس تهیه شده به روش آسیاکاری توسط ابارشی و همکارانش [۱۱] در زمانهای مختلف آسیاکاری (۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ ساعت) و همچنین در حضور مقادیر مختلفی از خاک رس مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زمان آسیاکاری و افزایش درصد وزنی خاک رس، بلورینگی نانو کامپوزیتها در مقایسه با پلیاتیلن خالص كاهش يافت.

نانوذرات نقره به علت ویژگی های منحصر به فردی همچون فعالیت کاتالیزوری، خواص الکترونیکی، مغناطیسی و نوری، پایداری حرارتی زیاد و بویژه فعالیت ضد میکروبی مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار دارند. از طرفی پلی اتیلن به علت خواص مطلوبی از جمله مقاومت در برابر فرسایش و خستگی، انعطاف پذیری مکانیکی، مقاومت بالای شیمیایی و ارزان قیمت بودن، یکی از مرسومترین پلیمرها در صنعت و پزشکی است. بنابراین افزودن نانو ذرات نقره به عنوان پرکننده به زمینه پلی

علت نیروهای ضربهای مکرر، برخورد بین گلوله و یودر، در معرض تغيير شكل شديدي قرار مي گيرند. خواص مواد حاصل تابعی از تعداد زیادی پارامتر در فرایند آسیاکاری میباشد. از جمله دلایل استفاده از این روش در تهیهی نانوکامپوزیتها، می توان مصرف کم انرژی و بنابراین مقرون به صرفه بودن از لحاظ اقتصادی، سازگاری زیاد زیست محیطی، سادگی روش، قابل استفاده برای مواد مختلف، کارایی بالا و تولید نانوکامپوزیتها در مقیاس صنعتی را عنوان کرد. در حقیقت روش آسیاکاری مکانیکی فرایند منحصر به فردی است که طی آن واکنشی در حالت جامد بین سطوح جدید پودرهای مواد واکنش دهنده در دمای اتاق اتفاق میافتد[۴–۵]. کو ً وهمكارانش [۴] نانوكامپوزيتهاي پلي وينيل پيروليدين-سیلیکات را به روش آسیاکاری تهیه کردند و خواص اپتیکی آنها رامورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نانو کامپوزیت تهیه شده به دلیل ذرات ریز به دست آمده در اثر آسیاکاری شفافیت بهتری دارد. خروسونوا'' و همکارانش [۷] نیز نانوکامپوزیت Mg₂Ni_{0.8}Co_{0.2} را به روش آسیاکاری تهیه و خواص هیدروژن دار شدن این ترکیبات را بررسی کردند. داده-های اندازهگیری مغناطیسی آنها نشان داد که ذرات سوپرپارامغناطیسی نیکل و کبالت به عنوان مراکز فعال برای جذب سطحی شیمیایی هیدروژن عمل می کنند. این نتایج را مى توان به كمك اثر خاصيت كاتاليزورى حدواسط Mg₂Ni_{0.8}Co_{0.} و حضور خوشههای نیکل و کبالت بر روی سطح و همچنین استفاده از فرایند آسیاکاری مکانیکی توضیح داد. لی^{۱۱} و همکارانش [۸] نیز نانوکامپوزیت Ni/Al₂O₃ را به همین روش تهیه کردند. نتایج نشان دادکه آسیاکاری مکانیکی می تواند به طور چشمگیری واکنش بین NiO و Al را بهبود ىخشد.

پلیمر نیمه بلورین را می توان به عنوان ترکیبی از دو مادهی بلورین و غیر بلورین که رفتار شکننده وانعطاف پذیری را از خود نشان میدهد در نظر گرفت. در ناحیهی بلورین، زنجیره های

اتیلن موجب دستیابی به نانو کامپوزیت هایی با ویژگی های بهبود یافته و کاربردهای متنوع میشود [۱۲–۱۴]. علی رغم تحقیقات گسترده در زمینهی تهیهی نانو کامپوزیت های پلیمر – نقره و بررسی خواص آن ها، گزارش های اندکی در رابطه با نانو کامپوزیت های پلیاتیلن – نقره وجود دارد [۱۲، ۱۴–۱۶]. همچنین در مورد اثر نانوذرات نقره بر بلورینگی پلی اتیلن با دانسیته متوسط گزارشی ارائه نشده است. بنابراین هدف این تحقیق تهیه نانو کامپوزیت های پلی اتیلن – نقره به روش آسیاکاری مکانیکی و بررسی تغییرات درجهی بلورینگی پلی-اتیلن به عنوان یک پلیمر نیمه بلورین، در حضور درصدهای وزنی مختلفی از نانوذرات نقره، به کمک روش XRD است.

۲- مواد و روش تحقیق

به منظور تهیهی نانوکامپوزیت پلی اتیلن - نقره، از پلی اتیلن با دانسیتهی متوسط به عنوان فاز زمینه (خریداری شده از شرکت پتروشیمی تبریز) و از نانو ذرات نقره به عنوان فاز تقویت کننده استفاده شد. برای ساخت نانو ذرات نقره از مواد اولیه زیر استفاده شد: نقره نیترات (AgNO₃)، Alderich، با درصد خلوص ۹۹٪، پلی وینیل پیرولیدین (PVP)، Sigma-Alderich، با با وزن مولکولی میانگین ۴۰۰۰۰، و سدیم بور هیدرات با وزن مولکولی میانگین ۴۰۰۰۰، و سدیم بور هیدرات (ABH₄)، Merck KGaA همه مواد شیمیایی با خلوص اولیه دریافت شده و بدون خالص سازی مجدد استفاده شدند.

یکی از رایج ترین روش ها برای تهیه نانوذرات نقره روش کاهش شیمیایی است. این روش نسبت به دیگر روش ها دارای مزایایی همچون مصرف کم انرژی، سادگی روش تولید، توانایی کنترل شکل و اندازه ذرات و بازده زیاد است [۱۷–۱۸]. در این تحقیق، نانوذرات نقره به روش کاهش شیمیایی ساخته شدند. بدین منظور ابتدا۲۵۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر به مخلوطی از محلول مورد نظر به کمک همزن مغناطیسی هم زده شد تا دو ماده به طور کامل حل شوند. با افزودن سدیم بور هیدرات، نانوذرات نقره پس از همزدن در زمان معینی تشکیل گردید و

رنگ محلول از بی رنگ به قهوه ای تغییر پیدا کرد. در ادامه نانوذرات تهیه شده به وسیله سانتریفوژ جدا گردید. رسوبات تشکیل شده پس از شستشوی چندباره با آب مقطر، در دستگاه آون خلا در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۲ساعت کاملا خشک شد. در این روش از سدیم بور هیدرات به عنوان عامل کاهنده و PVP به عنوان یک عامل محافظت کننده استفاده شده است.

جهت تهیهی نانوکامپوزیتهای پلیاتیلن – نقره روش آسیاکاری مکانیکی استفاده شد. ابتدا پودر پلیاتیلن با ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی نانوذرات نقره مخلوط گردیده و همهی نمونهها به مدت ۱۵ دقیقه با شرایط یکسان یعنی نسبت وزنی گلوله به پودر ۲/۵ (۴۰ گلوله با قطر ۳ میلیمتر و ۲۰ گلوله با قطر Mixer mill mm400 با دستگاه 20H2 با در آسیا از جنس آسیاکاری شدند. گلوله های مورد استفاده و ظرف آسیا از جنس

الگوی پراش پرتو X نانوذرات نقره، پلی اتیلن و نانو کامپوزیت ها با استفاده از پراش سنج پرتو X مدل Bruker/D8ADVANCED و طول موج ۱۵۴۰۶ نانومتر در گسترهی θ با تابش ۲۵ درجه با گام ۲۰۰۴ درجه بدست آمد. طیف مرئی-نین ۱۰ تا ۸۰ درجه با گام ۲۰۰۴ درجه بدست آمد. طیف مرئی فرابنفش نانو ذرات نقره با استفاده از طیف سنج مدل Lambda فرابنفش نانو ذرات نقره با استفاده از طیف سنج مدل الم مرکت سازنده Perkin Elmer ثبت شد. برای بررسی اندازهی نانوذرات و مشاهدهی میزان توزیع نانوذرات نقره در زمینهی پلی اتیلن از میکروسکوپ الکترونی عبوری مدل -CM الکترونی روبشی مدل Philips Holland و میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل LEO 1450 VP استفاده شد.

۳-نتايج و بحث

در قسمتهای الف و ب شکل ۱، به ترتیب الگوی پراش پرتو X و تصاویر SEM پلیاتیلن در بزرگنماییهای مختلف نشان داده شده است. شکل ۱– الف نشان میدهد که پلیاتیلن دارای دو پیک بلورین در ۲۵ های ^{°۲۱/۴} و ^{°۲۳/۹} به ترتیب متناظر با دسته صفحات (۱۱۰) و (۲۰۰) و یک پیک آمورف در ^{°۱۹/۵}

www.SID.ir

اندازهی ذرات پودر پلیاتیلن خالص بین ۴۰ تا ۲۰۰ میکرومتر است.

است و شکل–۱ ب نشان میدهد که پودر پلیاتیلن دارای اندازه: مورفولوژی منظم، اما با اندازهی ذرات متفاوت است. میانگین است.



شکل(۱): (الف): الگوی پراش پرتو X پلیاتیلن خریداری شده و (ب): مورفولوژی پلیاتیلن خالص خریداری شده قبل از آسیاکاری بابزر گنماییهای (۱): ۱۰۰ و (۲): ۰۰۰ برابر



شکل (۲): (الف): الگوی پراش پرتو X، داخل تصویر TEM نانوذرات نقره و (ب): طیف مرئی – فرابنفش نانو ذرات نقره

شکل ۲- الف الگوی پراش پرتو X نانوذرات نقره را نشان می-دهد. با توجه به شکل الگوی پراش پرتو X نانوذرات نقره دارای چهار پیک در θ۲های ۳۸٫۱، ۴۴۶٫۳ ۶٫۶۶ و۶٫۷۷ درجه میباشند که به ترتیب متناظر با دسته صفحات (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰) و (۳۱۱) هستند. از آنجا که پیکها کاملاً کشیده میباشند، میتوان استنباط کرد که نمونه کاملاً بلورین است. همچنین عدم وجود هر گونه پیک اضافی در الگوی پراش پرتو X، حاکی از آن است که نانوذرات نقره بدون هرگونه فاز ناخالصی شکل گرفته-اند. تمام پیکهای پراش موجود در الگوی CRX را میتوان به فاز مکعبی وجه مرکز دار نقره نسبت داد [۱۹]. اندازهی بلورک-

های نانوذرات نقره باتوجه به پهنشدگی پیکها به کمک رابطهی دبای-شررمحاسبه گردید. طبق این محاسبه اندازهی میانگین نانوبلورک های نقره برابر ۲۱٫۷ نانومتر تخمین زده می-شود. تصویر TEM نانو ذرات نقره در داخل شکل ۲-الف این نتیجه را تایید می کند. شکل ۲-ب طیف مرئی-فرابنفش نانوذرات نقره را نشان میدهد. در مطالعات قبلی گزارش شده است که نانوذرات کروی نقره در طول موج حدود ۴۰۰ نانومتر پیک جذبی دارند [۱۹]. در این تحقیق، بیشینه پیک جذبی در را نشان میدهد.





شکل(۳): (الف): الگوی پراش پر تو X نمونهی PESN5، (ب): تصویر SEM نمونهی PESN20 در بزرگنمایی ۲۵۰۰

www.SID.ir

در شکل ۳-الف الگوی پراش پرتو X نمونهی حاوی ۵ درصد وزنی نانوذرات نقره (PESN5) و در قسمت ب) تصویر SEM نمونهی حاوی ۲۰ درصد وزنی نانوذرات نقره(PESN20) مشاهده میشود. عدم وجود هرگونه پیک اضافی در الگوی پراش پرتو X ، حاکی از آن است که نمونه بدون هر گونه فاز ناخالصی تهیه شده است (قسمت الف) وهمان طور که در (نقاط سفیدرنگ) به طور کاملاً یکنواختی در سراسر زمینهی پلی اتیلن پخش شده اند.

 $=\frac{A_c}{A_c + A_a} \tag{1}$

معادلهی زیر محاسبه شده است [۹]:

در این رابطه X_c نشان دهندهی درجهی بلورینگی وA_c وA_A به ترتیب نشان دهندهی سطح زیر پیک های بلورین و سطح زیرپیک آمورف هستند. در شکل ۴ بخشهای آمورف و بلورین یک پلیمر نیمه بلورین نشان داده شده است.



شکل(۴): بخشهای آمورف و بلورین یک پلیمر نیمه بلورین

طرحی از بخش های آمورف و بلورین گرفته شده از الگوی پراش پرتو X نمونه های PESN10 ،PESN5 وPESN30 به ترتیب در منحنی های الف، ب، ج و د شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل، از آنجا که جابه جایی در مکان پیک ها

مشاهده نمیشود میتوان نتیجه گرفت که ساختار پلیاتیلن در حضور درصدهای مختلفی از نانوذرات نقره هیچگونه تغییری پیدا نکرده و به عبارتی حضور نانوذرات نقره تغییری در ساختار پلیاتیلن ایجاد نمیکند.





مقدار درجهی بلورینگی پلیاتیلن در حضور درصدهای مختلفی از نانوذرات نقره با استفاده از رابطهی۱، از الگوی XRD شکل ۵، استخراج و نتایج در جدول ۱، ارائه شده است.

جدول(۱): درجهی بلورینگی پلیاتیلنو نانو کامپوزیتهای پلیاتیلن – نقره با درصدهای وزنی مختلف

PESN30	PESN10	PESN5	PE	نمونه ها
VV/9V	۶۹ ,۵۶	93,VF	83,8F	درجه ی باید: گ
				بلوريىحى

دادههای جدول ۱ نشان می دهند درجهی بلورینگی پلی اتیلن همزمان با بالا رفتن مقدار درصدوزني نانوذرات نقره در زمينهي پلی اتیلن افزایش یافته است. همچنین این داده ها نشان می دهند که بیشترین افزایش حدود ۱۴ درصد در نمونه ی PESN30 است. افزایش مشاهده شده بدین علت است که نانو درات نقره به عنوان عامل جوانهزا عمل کرده، همزمان با افزایش درصد وزنی نانوذرات نقره، مناطق جوانهزني نيز افزايش مي يابد كه در نهايت باعث افزایش درجهی بلورینگی می شود. نتایج مشابهی در مورد اثر نانوذرات نقره بر بلورینگی پلیمرهای مختلف گزارش شده است. از جمله فورتانیتی^۱ و همکارانش [۲۰] مطالعاتی بر عملکرد فیلمهای نانوکامپوزیتی پلیلاکتیک اسید در حضور نانوبلورکهای سلولز و نانوذرات نقره انجام دادند و بلورینگی یلی لاکتیک اسید خالص و نانو کامیوزیت ها را با روش DSC محاسبه نمودند. نتایج آنها نشان داد که حضورعامل فعال سطحی بر روی سطح بلورک،ها به پخش یکنواخت پرکننده در زمينهي يليمر كمك مي كند و به طور آشكارا جوانهزني و ميزان بلورینگی را افزایش میدهد. در مطالعه آنها درجهی بلورینگی یلی لاکتیک اسید ۹٫۲ درصد گزارش شده است که به ۱۲ درصد برای نانوکامپوزیت پلی لاکتیک اسید-۱ درصد وزنی نقره و ۱۸٫۵ درصد برای نانوکامپوزیت پلی لاکتیک اسید-۵ درصد وزنی سلولز افزایش می یابد. پاپاجرجیو^{۱۷} [۲۱] وهمکارانش بلورینگی پلی بوتیلن سوکسینات و اثر پرکننده های مختلفی همچون نانوذرات نقره، سیلیس (SiO₂)، نانولوله های

کربنی چند دیواره و اکسید گرافن را در ۲/۵ درصد وزنی بر بلورینگی این پلیمر با استفاده از روش XRD بررسی نمودند. نتایج آن ها نشان داد که همه پرکننده ها سبب افزایش بلورینگی این پلیمر شدند. به طوری که افزایش ۲٫۵ درصد نانوذرات نقره به این پلیمر سبب افزایش درصد بلورینگی از ۳۷ درصد به ۳۹ درصد می شود. این در حالی است که ودنیک^{۸۰} [۲۲] و همکارانش نتیجه متفاوتی را برای اثر نانوذرات نقره بر بلورینگی نانوکامپوزیت را با دو روش XRD و SC بررسی کرده و نانوکامپوزیت را با دو روش XRD و SC بررسی کرده و و همکارانش این کاهش بلورینگی پلیمر را به کاهش پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی بین زنجیره های پلی وینیل الکل در اثر حضور نانوذرات نقره نسبت دادند.

٤- نتیجه گیری

در این تحقیق، پس از سنتز نانوذرات نقره، نانوکامپوزیت پلی-اتیلن-نقره به روش آسیاکاری مکانیکی به عنوان روشی ساده، کارآمد و با بازدهی بالا تهیه شد. سپس با استفاده از نتایج و دادههای الگوی پراش پرتو X، بلورینگی پلیاتیلن در حضور درصدهای مختلفی از نانوذرات نقره به روش نارا و کومیا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به علت حضور عامل جوانهزای نانوذرات نقره، همزمان با افزایش مقدار نانوذرات نقره، میزان درجهی بلورینگی پلیاتیلن نیز افزایش می یابد.

٥- مراجع

- F. Hussian & M. Hojjati, "Polymer-Matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview", J. Comos. Mater, Vol. 40, pp. 1511-1575, 2006.
- [2] K. Friedrich, S. Fakirov & Z. Zhang, "Polymer Composites from Nano- to Macro-Scale", New York, Springer, 1945.
- [3] P. M. Ajayan, L. S. Schadler & P. V. Braun, "Nanocomposite Science and Technology", WILEY-VCH Verlag, Germany, 2003.

- [14] M. Jokar, R. Abdul Rahman, N. A. Ibrahim, L. C. Abdullah & C. P. Tan, "Melt production and antimicrobial efficiency of low density polyethylene (LDPE)-silver nanocomposite film", Food Bioprocess Technol, Vol. 5, pp. 719-728, 2012.
- [15] M. Jouni, A. Boudenne, G. Boiteux, V. Massardier, B. Garnier & A. Serghei, "Electrical and thermal properties of polyethylene/silver nanoparticle composites", Polym. Compos, Vol. 34, pp.778-786, 2013.
- [16] S. Azlin-Hasim, M. C. Cruz-Romero, M. A. Morris, E. Cummins & J. P. Kerry, "Effects of a combination of antimicrobial silver low density polyethylene nanocomposite films and modified atmosphere packaging on the shelf life of chicken breast fillets", Food Packaging and Shelf Life, Vol. 4, pp. 26-35, 2015.
- [17] J. Liu, X. Li & X. Zeng, "Silver nanoparticles prepared by chemical reduction-protection method, and their application in electrically conductive silver nanopaste", J. Alloy. Compd, Vol. 494, pp. 84-87, 2010.
- [18]Z. Khan, S. A. Al-Thabaiti, A. Y. Obaid & A. O. Al-Youbi, "Preparation and characterization of silver nanoparticles by chemical reduction method", Colloids Surf. B: Biointerfaces, Vol. 82, pp. 513-517, 2011.
- [19] M. B. Ahmad, M. Y. Tay, K. Shameli, M. Z. Hussein & J. J. Lim, "Green Synthesis and Characterization of Silver/Chitosan/Polyethylene Glycol Nanocomposites without any Reducing Agent", In. J. Macromol. Sci, Vol. 12, pp. 4872-4884, 2011.
- [20] E. Fortunatia, I. Armentanoa, Q. Zhou, A. Iannonia, E. Saino, L. VisaiL. A. Berglund & J. M. Kenny, "Multifunctional bionanocomposite films of poly(Lactic Acid), cellulose nanocrystals and silver nanoparticles", Carbohydr. Polym, Vol. 87, pp. 1596–1605, 2012.
- [21] D. G. Papageorgiou, K. Chrissafis, E. Pavlidou, E. A. Deliyanni, G. Z. Papageorgiou, Z. Terzopoulou & D. N. Bikiaris, "Effect of nanofiller's size and shape on the solid state microstructure and thermal properties of poly(butylene succinate) nanocomposites", Thermochim. Acta, Vol. 590, pp. 181–190, 2014.

- [4] M. S. El-Eskandarany, "Mechanical alloying for fabrication of advanced engineering materials", New York, U.S.A. NOYESPUBLICATIONS, 2001.
- [5] J. B. Tracy, "Magnetic nanoparticles: synthesis, characterization, applications and a systematic study of exchange biasing", Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [6] C. M. Koo, H. T. Ham, M. Choi, H. M. Kim & I. Chung, "Characteristics of polyvinylpyrrolidonelayered silicate nanocomposites prepared by attrition ball milling", Polymer Vol. 44, pp. 681– 689, 2003.
- [7] M. Khrussanova, T. Mandzhukova, E. Grigorova, M. Khristov & P. Peshev, "Hydriding properties of the nanocomposite 85 wt.% Mg-15 wt.% Mg₂Ni_{0.8}Co_{0.2} obtained by ball milling", J. Mater. Sci, Vol. 42, pp. 3338–3342, 2007.
- [8] J. Li, F. Li & K. Hu, "Preparation of Ni/Al2O3 nanocomposite powderby high-energy ball milling and subsequent heat treatment", J. Mater. Process. Technol, Vol. 147, pp. 236–240, 2004.
- [9] M. Abareshi, "Studyonthe morphology, crystallinity, and thermal stability of polyethyleneclay nanocomposites fabricated using high energy ball milling method", (doctoral dissertation), Ferdowsi University, 2010.
- [10] R. Abbasi, H. Kalantary, M. Yousefi, A. Ramazani, and A. Morsali, "Synthesis and characterization of Ag nanoparticles @ polyethylene fibers under ultrasound irradiation", Ultrason. Sonochem, Vol. 19, pp. 853–857, 2012.
- [11] M. Abareshi, S. M. Zebarjad & E. K. Goharshadi, "Method crystallinity behavior of MDPE-clay nanocomposites fabricated using ball milling", J. Compos. Mate, Vol. 43, pp. 2821-2830, 2009.
- [12]S. Dehnavi, A. Aroujalian, A. Raisi & S. Fazel, "Preparation and characterization of polyethylene/silver nanocomposite films with antibacterial activity", J. Appl. Polym. Sci, Vol. 127, pp. 1180-1190, 2013.
- [13] L. A. Tamayo, P. A. Zapata, F. M. Rabagliati, M. I. Azocar, L. A. Munoz, X. Zhou, G. E. Thompson & M. A. Paez, "Antibacterial and non-cytotoxic effect of nanocomposites based in polyethylene and copper nanoparticles", J. Mater. Sci: Mater. Med, Vol. 26, pp. 1-5, 2015.

[22] V. V. Vodnik, Z. Saponjic, J. V. Dzunuzovic, U. Bogdanovic, M. Mitric & J. Nedeljkovic, "Anisotropic silver nanoparticles as filler for the formation of hybrid nanocomposites", Mater. Res. Bull, Vol. 48, pp. 52–57, 2013.

٦- پی نوشت

- [1] X-ray Diffraction Pattern (XRD)
- [2] UV-Visible Spectroscopy
- [3] Transmission Electron Microscopy (TEM)
- [4] Polyethylene-Silver Nanocomposite (PESN)
- [5] Scanning Electron Microscopy (SEM)
- [6] Nara and Komiya
- [7] Direct Mixing
- [8] Solution Mixing
- [9] In-situ Polymerization
- [10] Koo
- [11] Khrussanova
- [12]Li
- [13] Differential Scanning Calorimetry (DSC)
- [14] InfraredSpectroscopy (IR)
- [15] Nuclear Magnetic Resonance (NMR)
- [16] Fortunatia
- [17] Papageorgiou
- [18] Vodnik