



سنتز سبز نانوذرات اکسید آهن و کاربرد آن در بازگشایی هسته دوستی حلقه اپوکسید

حامد سیدآبادی، شراره محسنی*، آزاده خان محمدی

گروه شیمی کاربردی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

چکیده

اپوکسیدها مولکول هایی با کاربرد سنتزی وسیعی هستند. آن ها قادر به واکنش با هسته دوست های مختلف بوده و پتانسیل آن ها در واکنش های بازگشایی ناحیه گزین حلقه اپوکسید به اهمیت شان به عنوان پیشگام سنتز ترکیبات آلی می افزاید. در پژوهش حاضر، روشی سبز برای سنتز نانو ذرات اکسید آهن به عنوان کاتالیست با استفاده از عصاره گیاه بومادران گزارش شده است. نانوذرات اکسید آهن سنتز شده، به عنوان کاتالیستی موثر در واکنش حلقه گشایی اپوکسید با آمین های آلیفاتیک و آروماتیک و الکل ها به عنوان هسته دوست در شرایط دمای اتاق و در حلال نیترو متان یا بدون حلال، مورد بررسی قرار گرفتند. نانوذرات سنتز شده با روش های طیف سنجی جذبی فرا بنفش - مرئی (UV-Vis)، طیف سنجی فرو سرخ تبدیل فوریه (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد شناسایی قرار گرفت. طیف UV-Vis نانو ذرات، یک پیک جذبی در ۲۰۱ nm را نشان داد. آنالیز پراش پرتو ایکس نیز نشان دهنده درجه بالایی از کریستاله بودن نانو ذرات سنتز شده است که ساختار مکعبی را نشان می دهد. نتایج به دست آمده بیانگر فعالیت کاتالیستی نانوذرات اکسید آهن در این واکنش با بازده بالا (بالای ۸۰٪) و فضا گزینی خوب هستند.

واژه های کلیدی: نانو ذرات اکسید آهن، عصاره گیاه بومادران، حلقه گشایی اپوکسید، ناحیه گزینی

Sh_mohseni2003@yahoo.com: ایمیل نویسنده مسئول

مقدمه

اپوکسیدها یا اکسیراها یکی از مهم‌ترین حدواسدها در سنتز ترکیبات آلی محسوب می‌شوند. قطبیت شدید و کشش حلقه، اپوکسیدها را به انجام واکنش با انواع واکنشگرهای هسته دوست، الکترو دوست، اسیدها، بازها، عوامل کاهنده و اکسیدکننده، حساس می‌کند. نتیجه کلی، تمایل اپوکسید به واکنش باز شدن حلقه است. [۲] هسته دوست‌های متفاوت مانند آزیدها، آمیرها، الکاها، استرها، سیانیدها و هالوژنها در حضور کاتالیزهای فلزی متفاوت، توانایی بازگشایی حلقه اپوکسید را دارند [3] به این ترتیب اپوکسیدها، واحدهای ساختمانی مفید و کارآمدی در شیمی ترکیبات کربنی هستند که می‌توان با استفاده از آنها محصولات فراورد‌های مهمی را در سطح صنعتی و مراکز پژوهشی و آزمایشگاهی تولید کرد. در سال‌های اخیر، تحقیقات گوناگونی به منظور بازگشایی حلقه‌های اپوکسید در حضور یا عدم حضور کاتالیزها انجام شده است. [۱] این پژوهش‌ها بر پایه ایجاد روش‌هایی با بازده بالا در زمان کمتر به منظور تولید محصولات متنوع است.

سنتز نانو ذرات در سال‌های اخیر به واسطه کاربردهای فراوان در علوم متفاوت از جمله شیمی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. [۴] استفاده از نانو ذرات به عنوان کاتالیز در واکنش‌های آلی به علت سطح تماس بالا و افزایش عملکرد واکنش‌ها مورد توجه زیادی قرار گرفته است. [۵] روش‌های شیمیایی برای سنتز نانو ذرات متفاوت از مدتها پیش مرسوم بوده است. اما روش‌های سبز به علت عدم کاربرد ترکیبات مضر و اثرات تخریبی زیستی کمتر، بیشتر گسترش یافته است. [۶] تولید سبز نانو ذرات روشی دوستدار طبیعت است که در آن از حلال‌های طبیعی استفاده می‌شود. [۷] استفاده از موجودات زنده مانند میکروارگانیسم‌ها از قبیل قارچ باکتری مخمر، یا ماکروارگانیسم‌ها مثل گیاهان و جلبک‌ها به عنوان واسطه در سنتز نانو ذرات از ترکیبات معدنی می‌تواند در کنار روش‌های شیمیایی و فیزیکی برای تولید نانو ذرات به کار رود. [۸] در میان نانو اکسیدهای فلزی، نانو اکسید آهن به دلیل ویژگی منحصر به فردی که دارد کاربردهای فراوانی یافته است. [۹]

سنتز نانو ذرات اکسید آهن از طریق روش‌های متفاوتی صورت پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به روش‌های رسوب دهی، سنتز گرمایی، روش سونوشیمی اشاره کرد. [۱۰] هر کدام از این روش‌ها در کنار مزایایی بیشمار، معایبی دارند که دشواری انجام فرایند در مقیاس بزرگ، جداسازی و تخلیص نانو ذرات از سورفکتانت، وجود حلال‌های آلی و مواد سمی از آن جمله می‌باشد. در این میان روش‌های سبز تولید نانو ذرات اکسید آهن در حال گسترش است. اکسید آهن دارای ویژگی مغناطیسی، فتوکاتالیتی، الکترونیکی، الکترونیکی و نوری است که از دلایل استفاده و تهیه آن به روش‌های متفاوت است. [۱۱] در این تحقیق برای نخستین بار نانو ذرات اکسید آهن مغناطیسی به روش سبز و با بازده مناسب تولید و در واکنش حلقه گشایی اپوکسید با استفاده از هسته دوست‌ها به کار برده شد. واکنش‌ها با بازده بالا و جهت‌گیزی مناسب در حضور حلال نیترو

متان و در شرایط بدون حلال انجام شد. استفاده از گیاه بومادران منجر به تولید کاتالیز دوستدار محیط زیست شده است که می‌تواند به راحتی حلقه‌های اپوکسید را باز شای و محصولات با راندمان بالا تولید کند.

بخش تجربی

۱ مواد

ترکیبات شیمیایی مورد نیاز همه در درجه آزمایشگاهی بوده و از شرکت مرک (Merck) و با خلوص بالا تهیه شدند. کلیه مواد مصرفی بدون خلوص سازی و به همان گونه که خریداری شده بودند، مورد استفاده قرار گرفتند. طیف فروسرخ تبدیل فوریه ERKIN ELMER SPECTRUM 100، طیف سنج فرا بنفش - مرئی AGILENT8454-GERMANY، میکروسکوپ الکترونی رویشی HITACHIS-4160، دستگاه پراش پرتو ایکس 08_BURKER_2002 و طیف سنج رزونانس مغناطیسی هسته 3RUCKER, GERMANY به منظور شناسایی ترکیبات سنتز شده استفاده شدند.

۲ روش کار

۱ تهیه عصاره گیاهی

گیاه بومادران با نام علمی (*Achillea millefolium*) از شهرستان نیشابور تهیه شد. گیاه جمع آوری شده با آب چندین بار شست و داده شد. سپس در دمای اتاق خشک و پودر شد تا برای عصاره گیری استفاده شود. گرم گیاه بومادران، وزن شده و همراه با ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر تا رسیدن به دمای ۷۰°C با همزن مغناطیسی هم زده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. عصاره حاصل با صاف کردن مخلوط بالا تهیه شد. [۱۲]

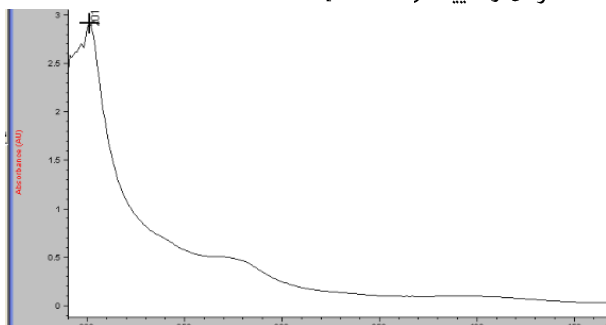
۲ سنتز نانو ذرات اکسید آهن

۱۳ گرم $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ و ۱ گرم $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده و تا دمای ۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. پس از ۵ دقیقه، عصاره گیاه بومادران به آرامی و همراه با هم زدن به مخلوط افزوده شد. رنگ محلول به قهوه ای قرمز تغییر یافت. پس از ۱۰ دقیقه ۱۵ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۱ مولار قطره قطره به محیط افزوده شد. رنگ محلول از قهوه ای قرمز به قهوه ای سیاه تغییر کرد رسوب حاصل جدا شده و پس از آن یک بار با اتانول و بار دیگر با آب مقطر با سانتریفوژ ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه، شستشو انجام شد. این رسوب صاف شده و در دمای ۱۰۰°C آون به مدت ۲ ساعت خشک شد. نانو ذرات اکسید آهن حاصل توسط روش‌های طیف سنجی جذب مرئی - فر بنفش و طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه، پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی روبزر مورد بررسی قرار گرفت. [۱۳]

۳ واکنش‌های بازگشایی - لکه اپوکسید در حضور کاتالیز نانو ذرات اکسید آهن در دمای محیط

۰.۱ گرم از نانو ذرات اکسید آهن به عنوان کاتالیز ۳ میلی مول هسته دوست و ۱ میلی مول اپوکسید در حضور ۳۷ میلی

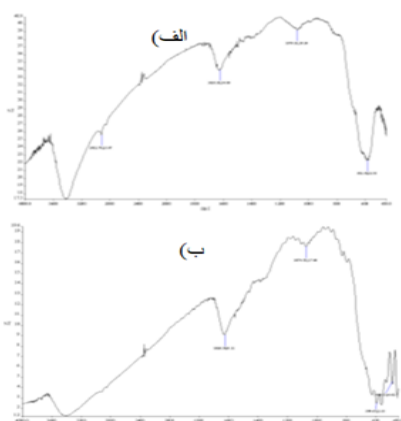
گیاه بومادران، دارای پیک جذبی در طول موج ۲۰۱ nm است که سنتز آن را تایید می کند [۸].



شکل ۲) طیف جذبی UV-Vis نانو ذره اکسید آهن

۴ بررسی طیف فروسرخ (FT-IR)

طیف FT-IR عصاره گیاه بومادران و نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده در (شکل ۳) نشان داده شد. در طیف نانو ذره اکسید آهن، و باند در حوالی 500 cm^{-1} و 600 cm^{-1} مشاهده می شود که مربوط به فرکانس کششی پیوند Fe-O است. نواحی مشاهده شده در حوالی $2923, 3500, 626 \text{ cm}^{-1}$ ، 1400 و 1000 ، می توانند متعلق به گروه های ممکن در ساختار عصاره گیاه بومادران باشند [۹]. نوار پهن در 500 cm^{-1} متعلق به روه هیدروکسی و پیک نشان داده شده در 1626 cm^{-1} نشان دهنده C=O کربونیل است.



شکل ۳) طیف FT-IR (الف) عصاره بومادران و (ب) نانو ذرات اکسید آهن

۴ پراش پرتو ایکس (XRD)

ساختار بلوری نانو ذرات اکسید آهن توسط آنالیز پراش پرتو ایکس بررسی شد. طیف XRD نانو ذرات سنتز شده در (شکل ۴) نشان داده شده است. با استفاده از رابطه دیباو شرر می توانیم اندازه تقریبی کریستالیت ها (D) را محاسبه کنیم:

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta}$$

مول حلال نیترومتان مخلوط و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق با همزن مغناطیسی هم زده می شد. پیشرفت واکنش به کمک کروماتوگرافی لایه نازک (اتیل استات ۱ - هگزان) تحت نظر قرار می گیرد. واکنش با افزایش آب به پایان رسیده و توسط دی کلرو متان استخراج انجام شد. پس از انجام واکنش محصول به کمک کروماتوگرافی ستونی ۱ - هگزان - اتیل استات) خالص سازی شد. تایید محصول مورد نظر به طیف سنجر NMR، TIR-IR انجام شد [۱۶].

۴ تجزیه و تحلیل نتایج

نانوکاتالیست ها از جمله کاتالیست های ناهمگن می باشند که با روش های خاص در مقیاس نانو تهیه می شوند. به دلیل سطح فعال زیاد، انتخاب پذیری بالا، فعالیت و پایداری آنها، در سال های اخیر در صنایع متفاوت کاربرد فراوانی پیدا کرده اند. یکی از کاربردهای نانوذرات اکسید آهن استفاده از آنها به عنوان کاتالیست در واکنش های متفاوت است. استفاده از یک الگوی آبی مانند عصاره بومادران، سبب سنتز ذراتی با ابعاد نانومتری از اکسید آهن می شد.

۴ تغییر رنگ

تغییر رنگ مشاهده شده از زرد به رنگ قهوه ای متمایل به سیاه، در اثر برهم کنش عصاره گیاهی و محلول، اولین نشانه از تولید نانوذرات اکسید آهن محسوب می شود (شکل ۷). این تغییر رنگ ناشی از ارتعاشات پلاسمون سطحی در نانوذرات است. حضور ترکیبات آنتی کسیدانی مانند فلاونوئیدها، هم چنین پروتئین ها، آلکالوئیدها و رنگدانه ها می تواند سبب شود که عصاره بومادران به عنوان یک کاهنده خوب عمل کرده و منجر به تولید نانو ذرات اکسید آهن شود. [۷].

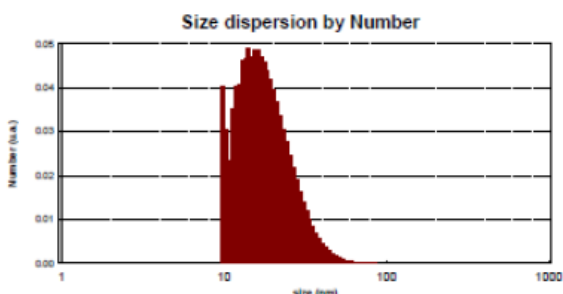


شکل ۷) الف - عصاره حاصل از گیاه بومادران ب - نانو ذرات در حال تشکیل ج - نانو ذرات تشکیل شده به کمک عصاره گیاه

۲ آنالیز اسپکتروفتومتری مرئی - فر بنفش (UV-Vis)

در نانوذرات اکسید فلزی ویژگی نوری تحت تاثیر فاکتورهایی از قبیل اندازه نانوذرات، فاصله آنها از هم و ضریب شکست محیط پیرامون تغییر می کند. جابجایی پیک ها، تغییر شدت پیک ها و تغییر در رنگ مشاهده شده از جمله عواملی هستند که وابسته به اندازه نانوذرات هستند. طیف فر بنفش نانوذرات اکسید آهن با حل کردن این نانو ذرات در آب دیونیزه مطابق (شکل ۱) به دست آمد. نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده توسط

نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده توسط دستگاه آنالیز اندازه ذرات بررسی و مشخص شد متوسط اندازه نانو رات ۴۹ نانومتر است که با سایر آنالیزها مطابقت دارد. (شکل ۰)

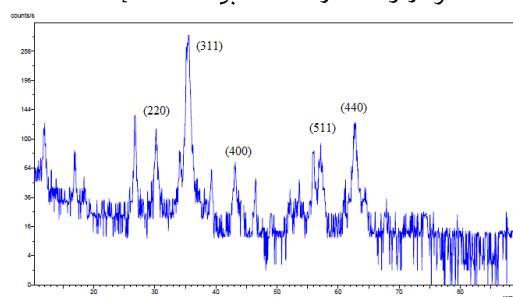


شکل ۰) آنالیز اندازه ذرات

۶ استفاده از نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده در بازگشایی حلقه اپوکسید

نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده در واکنش بازگشایی حلقه اپوکسید به عنوان کاتالیست استفاده شدند. واکنش های انجام شده ناحیه گزین بوده و در زمان مناسب با بازده بالا محصولات تولید گشتند. (جدول ۱) ترکیبات سنتز شده از این واکنش ها را نشان داده است. سنتز ترکیبات بجام شده به کمک TLC و هم چنین استفاده از طیف سنج FTIR, HNMR, CNMR بررسی و پس از مقایسه با ترکیبات سنتز شده تایید شد. کاتالیست اکسید آهن به انجام واکنش در زمان کوتاه با بازده بالا کمک کرد. این واکنش ها بدون حضور کاتالیست در زمان های طولانی قابل انجام است [۱] ویژگی مغناطیسی نانو ذرات اکسید آهن جداسازی کاتالیست از محصولات را به راحتی امکان پذیر می کند. این مسئله باعث کاهش مراحل استخراج به کمک حلال های متفاوت سمی و مصرف انرژی و زمان می شود. هم چنین امکان استفاده مجدد از کاتالیست های نانو اکسید آهن به اطر بازیابی آسان آن ها وجود دارد. بازده بالا و گزینش پذیری واکنش در حضور این کاتالیست از مزایای دیگر واکنش انجام شده است.

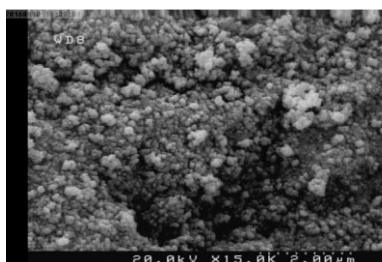
که در این رابط λ : اندازه کریستالین ها، θ : عرض پیک در نصف شدت بیشینه (بر حسب رادیان)، ϕ : زاویه براگ مربوط به پیک (بر حسب رادیان) و λ : طول موج پرتوی ایکس بر حسب آنگستروم) هستند. در نانو ذرات اکسید آهن طرز XRD دارای پیک هایی با درجه ۰۱، ۳۵، ۳۰، ۳۳، ۴۰، ۴۷، ۵۰، ۵۳، ۵۸، ۶۳ در ایندکس (۲۰)، (۱۱)، (۰۰)، (۱۱)، (۰۴۰) و داد ها مطابق با الگوی استاندارد اکسید آهن با شماره ICDD No. 04-009-8439 است. مشاهده این طیف عدم وجود ناخالصی و همچنین اندازه نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده را نشان می دهد. براساس معادله دبای شرر اندازه نانو ذرات سنتز شده ۵۵ نانومتر و ساختار آنها مکعبی است [۲۰].



شکل ۲) طیف XRD نانو ذره اکسید آهن سنتز شده

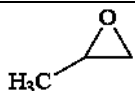
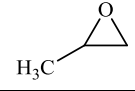
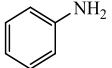
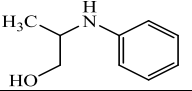
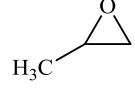
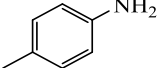
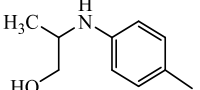
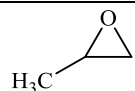
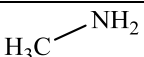
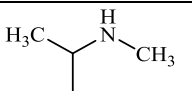
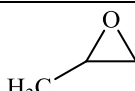
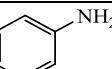
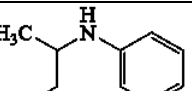
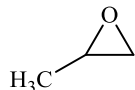
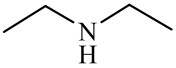
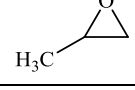
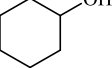
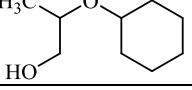
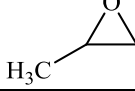
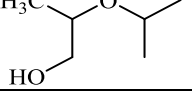
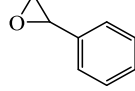
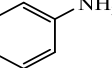
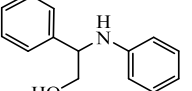
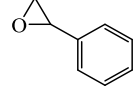
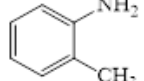
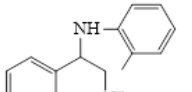
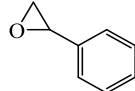
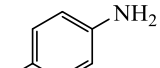
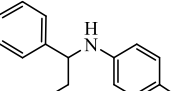
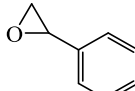
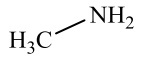
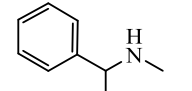
۵ میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانه (FESEM)

شکل و اندازه ذرات توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. نانو ذرات سنتز شده به شکل یکنواخت بوده که با اندازه به دست آمده از طیف XRD مطابقت دارد. (شکل ۳) تصویر نانو ذرات اکسید آهن را در ان از های نانومتر نشان می دهد.



شکل ۳) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانو ذرات اکسید آهن

جدول ۱۰. واکنش بازگشایی حلقه اپوکسید به هسته دوسه ها در حضور کاتالیست نانواکسید آ ن

ردیف	اپوکسید	هسته دوست	شرایط واکنش	محصول ^۱	بازده (%)	زمان (دقیقه)
۱		H ₂ O	نیتره متان / دمای محیط		۸۳	۳۰۰
۲			نیتره متان / دمای محیط		۸۰	۲۴۰
۳			نیتره متان / دمای محیط		۸۵	۳۰۰
۴			نیتره متان / دمای محیط		۸۹	۳۰۰
۵			نیتره متان / دمای محیط		۸۸	۳۰۰
۶			نیتره متان / دمای محیط	-	-	-
۷			فاقد حلال / دمای محیط		۸۵	۱۵۰
۸			فاقد حلال / دمای محیط		۹۲	۱۰۰
۹			نیتره متان / دمای محیط		۸۰	۳۶۰
۱۰			نیتره متان / دمای محیط		۷۱	۳۶۰
۱۱			نیتره متان / دمای محیط		۸۳	۳۵۰
۱۲			نیتره متان / دمای محیط		۸۰	۲۴۰

[9] M. Gomathi, P.V. Rajkumar, A. Prakasam, K. Ravichandran, Resource-Efficient Technologies, 3(3), 280-284, (2017).

[10] M. Hamelian, K. Varmira, H. Veisi, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 184, 71-79, (2018).

[11] H. Zaiyan, L. Yijing, X. Jiangping, Z. Jintao, Nanoscale, 12, 14957-14975, (2020).

[12] N. Beheshtkhoo, M.A. Jadidi Kouhbanani, A. Savardashtaki, A.M. Amani, Applied Physics A, 124(5), 363, (2018).

[13] V. G. Viju Kumar, A. P. Ananthu, Oriental Journal of Chemistry, 34(5), 2583-2589, (2018).

[14] A. Rabiou, M. Haque, Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences, 12(1), 1-10, (2020).

[15] P. Karpagavinayagam, C. Vedhi, Vacuum, 160, 286-292, (2019).

[16] D. Li, J. Wang, S. Yu, S. Ye, W. Zou, H. Zhang, J. Chen, Chemical Communications, 15, 2256-2259, (2020).

[17] D. A. Demirezen, Y. Şevki Yıldız, Ş. Yılmaz, D.D. Yılmaz, Journal of Bioscience and Bioengineering, 127(2), 241-245, (2019).

[18] I. Karimzadeh, M. Aghazadeh, T. Doroudi, M.R. Ganjali, P.H. Kolivand, D. Gharailou, Journal of Cluster Science, 28, 1259-1271, (2017).

[19] N. Beheshtkhoo, M. A. J. Kouhbanani, A. Savardashtaki, A.M. Amani, Applied Physics A, 124(5), 363 (2018).

[20] M. Jamzad, M. Kamari Bidkorpe, Journal of Nanostructure in Chemistry, 10, 193-201, (2020).

[21] M. Wosińska-Hrydczuk, J. Skarżewski, Heteroatom Chemistry, 2019, 1-12, (2019).

[22] N. Ajinkya, X. Yu, P. Kaithal, H. Luo, P. Somani, S. Ramakrishna, material, 13, 4644, (2020).

نتیجه گیری

استفاده از بسترهای گیاهی برای تهیه نانو مواد، روشی جدید و طبق اصول شیمی سبز است. پتانسیل عظیم طبیعت می تواند در تولید نانو ذرات بدون آسیب به محیط زیست کمک نماید. استفاده از نانوذرات تولید شده به روش سبز به عنوان کاتالیست در واکنش های شیمیایی یکی از مهم ترین کاربردهای این مواد می باشد. تولید چنین کاتالیست هایی می تواند تحولی عظیم در سنتزهای آلی ایجاد کند. در ضمن، نانوذرات تولید شده به روش مذکور در مقایسه با روش های شیمیایی دارای پایداری بیشتری هستند. به طور کلی مزیت تولید گیاهی نانو ذرات بر سایر روش های زیستی، بی خطر بودن و هم چنین قابلیت های بالای گیاهان دارویی است که بسیار قابل اعتماد و سالم تر برای تولید نانو ذرات است. البته تولید نانوذرات در غلظت بالا و رها سازی و رویه و غیر استاندارد آن ها در طبیعت، ممکن است مشکلاتی برای محیط زیست و سلامت انسان: حیوان، گیاه و میکروارگانیسم ها ایجاد نماید که تولید زیستی آن ها می تواند تا حد زیادی از اثرات سوء محیطی بکاهد [22] در این پژوهش به کمک نانو ذرات اکسید آهن سنتز شده به عنوان کاتالیست، حلق های اپوکسید در زمینه مناسب و با بازده و جهت گیری بالا بازگشایی و توسط طیف سنجر $^3\text{CNMR}$, $^1\text{HNMR}$, FTIR تایید شدند. با توجه به کارایی بالایی که نانو ذرات اکسید آهن در این پژوهش نشان دادند می توان از آن ها به عنوان کاتالیست در سایر واکنش های آلی استفاده کرد. از طرفی روش تولید سبز آن ها هم از لحاظ اقتصادی و هم از نظر زیستی مقرون به صرفه است. جداسازی آسان و بازیابی کاتالیست اکسید آهن مغناطیسی از دیگر مزایای این واکنش است.

منابع

- [1] M.W. Robinson, R. Buckle, I. Mabbett, G.M Grant, A.E. Graham, Tetrahedron letters, 48(27), 4723-4725 (2007).
- [2] A. Dhakshinamoorthy, M. Alvaro, H. Garcia, Advanced Synthesis & Catalysis, 352(4), 711-717, (2010).
- [3] E. Albarran-Preza, D. Corona-Becerril, E. Vigueras-Santiago, S. Hernandez-Lopez, European Polymer Journal, 75, 539-551, (2016).
- [4] S.P. Rajendran, K. Sengodan, Journal of Nanoscience, 2017
- [5] A. Parulkar, A.P. Spanos, N. Deshpande, N.A. Brunelli, Applied Catalysis A: General, 577, 28-34, (2019).
- [6] H. Yao, J. Liu, C. Wang, Organic & biomolecular chemistry, 17(7), 1901-1905, (2019).
- [7] L. Ma'mani, A. Heydari, R.K. Shiroodi, Current Organic Chemistry, 13(7), 758-762, (2009).
- [8] S. Azizi, M.B. Ahmad, F. Namvar, R. Mohamad, Materials Letters, 116, 275-277, (2014).



Green Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles and its Application in Nucleophilic Ring Opening of Epoxide

H.Seyyedabadi, SH. Mohseni^{*}, A.khanmohammadi

Department of Applied Chemistry, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

Abstract

Epoxides are molecules with a wide synthetic applications. They are able to react with various nucleophiles, and their potential in selective ring opening reactions of epoxide adds to their importance as pioneers in the synthesis of organic compounds. In the present study, a green method for the synthesis of iron oxide nanoparticles as a catalyst using *Achillea millefolium* extract has been reported. The synthesized iron oxide nanoparticles, were investigated as an effective catalyst in ring opening of epoxide by aliphatic and aromatic amines and alcohols as nucleophiles at room temperature and in nitro methane solvent or without solvent. Nanoparticles synthesized were identified by ultraviolet-visible absorption spectroscopy (UV-Vis), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), X-Ray Diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The UV-Vis spectrum of the nanoparticles showed an absorption peak at 201 nm. X-ray diffraction analysis also shows a high degree of crystallinity of the synthesized nanoparticles by a cubic structure. The results show the catalytic activity of iron oxide nanoparticles in this reaction with high yield (above 80%) and good stereoselectivity.

Keywords: Iron Oxide Nanoparticles, *Achillea Millefolium* Extract, Ring Opening of Reaction, Stereoselectivity