www.nm.iau-shahrood.ac.ir
نانومواد: ۱۲:٤٤ (۱۳۹۹) ۲٤۹-۲۳۹

مقاله پژوهشی

سنتز سبز نانوذرات اکسید مس از عصاره گیاه علف چای و فراسیون سفید و ارزیابی خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاهان و خاصیت آنتی‌باکتریال نانوذرات سنتز شده

فاطمه قهرمانی و کبری ایزانلو*

دانشکده شیمی، شیمی فیزیک، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۹۹/۰٤/۱۹، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۹/۰٦/۲۱، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰

چکیده

در پژوهش حاضر، نانوذرات اکسید مس با استفاده از عصاره گیاه علف چای از خانواده مالپیکی سانان و گیاه فراسیون سفید از خانواده نعناعیان سنتز شده است. از آنجاکه اعتقاد بر این است که مواد آنتی‌اکسیدان موجود در گیاه به عنوان عوامل کاهنده باعث احیاء یون‌های فلزی به نانوذرات می‌شوند، این دو گیاه از لحاظ خاصیت آنتی‌اکسیدانی به روش قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد (DPPH) مورد بررسی قرار گرفتند و کمیت IC_{50} اندازه‌گیری شد. گیاه علف چای با IC_{50} معادل ۰/۴۱۳ دارای محتوای آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به گیاه فراسیون سفید با IC_{50} معادل ۱/۵۶۲ بود، لذا در فرآیند سنتز سبز نیز بهتر عمل کرد. مشخصات نانوذرات سنتز شده با استفاده از SEM، XRD و UV-Visible آنالیز گردید. از طریق FTIR وجود پیوند فلز-اکسیژن تایید گردید. طیف پراش انرژی پرتو ایکس خلوص نانوذرات سنتز شده را نشان داد. نانوذرات سنتز شده با مورفولوژی کروی و توزیع سایز ۳۰ تا ۴۰ nm و با توزیع سایز یکنواخت مشاهده گردید. نتایج طیف XRD نشان داد که تنظیم pH اثری در روند سنتز نانوذرات اکسید مس نداشته است. نانوذرات سنتز شده در مقابل این دو باکتری در مقایسه با آنتی‌بیوتیک‌های صنعتی خواص ضدباکتریایی قابل توجهی نشان ندادند.

***واژه‌های کلیدی:* گیاه علف چای، گیاه فراسیون سفید، آنتی‌اکسیدان، نانوذرات اکسید مس، سنتز سبز.**

۱- مقدمه

بدون شک توسل به گیاهان دارویی، قدیمی‌ترین رهیافت بشر برای درمان بیماری‌ها بوده و همواره ارتباط تنگاتنگی بین آدمی و گیاه وجود داشته است. بنابراین گیاهان را می‌توان به عنوان منبعی از مواد شیمیایی بالقوه مفید دانست که این مواد بالقوه را می‌توان نه تنها به عنوان دارو، بلکه به عنوان الگویی بی‌نظیر برای ساخت مواد طبیعی جایگزین مواد شیمیایی دانست [۱]. در چند دهه اخیر تهیه نانوذره‌ها و مطالعه آن‌ها توجه دانشمندان را در حوزه‌های گوناگون علوم بنیادی

* **عهده‌دار مکاتبات:** کبری ایزانلو
نشانی: استان خراسان شمالی، بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، دانشکده شیمی
تلفن: ۳۲۲۹۶۹۸۴-۰۵۸، **دورنگار:** ۳۲۲۹۶۹۷۷-۰۵۸، **پست الکترونیکی:** c_izanloo@yahoo.com

وکاربردی به خود جلب کرده است [۲]. نانوفناوری به مفهوم مطالعه و توسعه مواد در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی می‌باشد که منجر به دستکاری واحدهای ساختمانی مواد و تبدیل آنها به مقیاس ۱۰۰-۱ نانومتر می‌شود [۳]. با توجه به این تعریف مشخص است که اثرهای مکانیک کوانتومی در این مقیاس دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند [۴]. در چند سال اخیر استفاده از نانوذره‌های فلزی کاربردهای بسیاری در فناوری جدید پیدا کرده است [۵]. نانوذره‌های فلزی مانند نانوذره‌های طلا، نقره، مس و ... به نانوذره‌های طراحی شده‌ای گفته می‌شود که دارای ویژگی‌های الکترونی، کاتالیستی و نوری مناسب باشند و به دلیل وجود این ویژگی‌های دلخواه از این گونه نانوذره‌ها در حوزه‌هایی مانند ساخت حسگرها [۶]، ساخت کاتالیست‌ها [۶] و اسپکتروسکوپی رامان [۶] استفاده وسیعی می‌شود. همچنین نانوذره‌های فلزی به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند رزونانس پلاسمون سطحی [۶]، ویژگی‌های نوری [۷]، عملکرد کاتالیستی مناسب [۸]، فعالیت ضدمیکروبی مناسب [۹] و همچنین نسبت بالای سطح به حجم و میزان تخلخل کنترل شده [۱۰] بسیار مورد توجه بوده‌اند. روش‌های گوناگونی برای تهیه نانوذره‌های فلزی وجود دارد مانند احیای شیمیایی، هیدروترمال، میکروامولسیون و استفاده از لیزر [۱۱]، که در میان آن‌ها سنتز نانوذره‌های فلزی به روش شیمیایی بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۲]، این گونه روش‌ها که به نام روش‌های شیمیایی شناخته می‌شوند بسیار پرهزینه بوده و در فرآیند تهیه نانوذره‌ها از مواد شیمیایی مضر، سمی و بسیار خطرناکی استفاده می‌شود [۱۳] که منجر به ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شوند [۱۴]. بنابراین مواد شناسان و نانوشیمیدان‌ها به دنبال روش جایگزین و سازگار با محیط زیست برای تهیه نانوذره‌های فلزی هستند. در سال‌های اخیر روش بیوسنتز با استفاده از عصاره گیاهان توجه بیشتری را نسبت به روش‌های فیزیکی و شیمیایی به خود اختصاص داده است [۱۵]، سنتز سبز، ساده، کم‌هزینه، غیرسمی، سازگار با محیط زیست و کارآمد برای بهره‌برداری هستند [۱۶]. استفاده از عصاره گیاهان برای سنتز نانوذرات به واسطه یک فرآیند بیولوژیکی از لحاظ محیطی بسیار سودمند است [۱۷]. ویشوشوار و همکاران با استفاده از برگ‌های Ixiro coccinea و به روشی دوستدار محیط زیست نانوذرات اکسید مس با توزیع سایز ۸۰ تا ۱۱۰ nm را سنتز کردند [۱۸]. یوگاندهار و همکارانش نانوذرات اکسید مس را با استفاده از عصاره میوه Syzygium alternifolium به شکل کروی و در سایز ۲ تا ۶۹ nm سنتز کردند و سپس خواص ضدویروسی آن را در مقابل ویروس نیوکاسل بررسی کردند [۱۹]. آواد و همکارانش نانوذرات اکسید مس را با استفاده از عصاره آبی برگ گیاه Ailanthus altissima به شکل کروی و با سایز متوسط ۲۰ nm سنتز کردند و سپس خواص آنتی‌باکتریال آن را بررسی کردند [۲۰]. سینق و همکاران با استفاده از عصاره برگ گیاه Psidium guajava نانوذرات اکسید مس را به شکل کروی و با توزیع سایز ۲ تا ۶ nm سنتز کردند [۲۱]. سارکار و همکاران نانوذرات اکسید مس را با استفاده از عصاره کل گیاه Adiantum lunulatum در شکل کروی، خالص و بسیار پایدار با قطر تقریبی ۶/۵ nm سنتز کردند [۲۲]. سانتوشکومار و همکارش نانوذرات اکسید مس را از عصاره گل Magnolia Champaca در شکل کروی و اندازه ۲۰ تا ۴۰ nm سنتز کردند و خواص آنتی‌اکسیدانی و میزان سمیت آن را بررسی کردند [۲۳].

نانوذرات اکسید مس (CuO) از مهمترین اکسیدهای فلزی واسطه هستند که خصوصیات منحصربفردی دارند و در فناوری‌های مختلفی نظیر فناوری‌های مرتبط با ابررساناها، حس‌گرهای گازی و ... مورد استفاده قرارمی‌گیرد. اخیرا CuO به عنوان یک عامل ضدمیکروبی علیه گونه‌های باکتریایی متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. نانو اکسید مس نقش مهمی در دنیای صنعتی امروز دارد، این ماده با توجه به توانایی هادی و نیمه‌هادی بودنش در صنایع الکترونیک و الکتریک کاربردهای متنوعی دارد. این محصول

به عنوان کاتالیزور در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و در صنایع شیشه ، لعاب، کاشی، سرامیک و همچنین دیگر صنایع شیمیایی کاربرد وسیعی دارد [۲۴].

در این مقاله برای اولین بار استفاده از عصاره گیاره علف چای و فراسیون سفید برای سنتز نانوذرات مس گزارش شده است و همچنین اثر تنظیم pH بر روی فرآیند سنتز بررسی گردید. اثرات نانوذرات سنتز شده بر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی نشان داده شده است.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- آماده‌سازی گیاه علف چای و فراسیون سفید

گیاه علف چای با نام علمی *Hypericum perforatum* از خانواده مالپیکی سانان و از گونه *H.perforatum* که به صورت خودرو در کشتزارهای گندم و ذرت یافت می‌شود که در خراسان شمالی نیز توسط گیاه شناسان شناسایی شده است، این گیاه نیز خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد که نقش آن در درمان افسردگی غیرقابل انکار است (شکل ۱). گیاه فراسیون سفید با نام علمی *Marrubium Vulgare* گیاهی گلدار از خانواده نعناعیان و گونه *M.Vulgare* می‌باشد (شکل ۲). که درایران در مناطق تهران، کرج، البرز، نواحی شمال ایران و خراسان شمالی شناسایی شده است که شبیه نعناع بوده و بلندی آن ۲۵ تا ۴۵ cm است. این گیاه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است که در درمان دیابت [۲۵]، سرفه، ناراحتی‌های قفسه سینه، تنظیم ضربان قلب و در کاهش دردهای قاعدگی مفید است [۲۶]. گیاهان پس از جمع‌آوری و ضدعفونی در سایه خشک شدند.

شکل ۱: گیاه علف چای.

شکل ۲: گیاه فراسیون سفید.

۲-۲- عصاره‌گیری گیاه علف چای و گیاه فراسیون سفید

اندام‌های هوایی گیاه علف چای (Hypericum perforatum) و گیاه فراسیون سفید (Marrubium Vulgare) بعد از جمع‌آوری و تآیید توسط کارشناس گیاه‌شناسی، با آب مقطر شستشو گردید و سپس در دمای اتاق خشک شد.

گیاه خشک شده بطور جداگانه با آسیاب برقی خرد و به صورت پودر یکنواخت و ریز آماده شد، ۲۰ g از پودر آماده شده را درون ارلنی تمیز ریخته و ۲۰۰ g آب مقطر دیونیزه به آن اضافه شد، محلول بدست آمده با مگنت مغناطیسی به مدت یک ساعت بطور مداوم هم زده شد و سپس به مدت ۱۵ min محلول مورد نظر جوشانده شده و پس از سرد شدن با کاغذ صافی صاف شده تا ذرات جامد کاملا از آن جدا شود، محلول زیر صافی را برای استفاده‌های بعدی در ظرف دربسته تیره‌رنگ در یخچال (دمای ۴ °C) نگه‌داری شد.

۲-۳- مقایسه خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاه علف چای و فراسیون سفید با روش DPPH

برای برای این منظور از رادیکال آزاد DPPH و آنتی‌اکسیدان سنتزی بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) استفاده شد. درصد مهار اکسیداسیون هر نمونه بوسیله معادله زیر قابل محاسبه است.

$$\%AI = (A_{control} - A_{sample})/A_{control} \times 100 \quad (۱)$$

AI%: درصد مهار

$A_{control}$: جذب محلول کنترل در ۵۱۷ nm

A_{sample}: جذب نمونه در ۵۱۷ nm

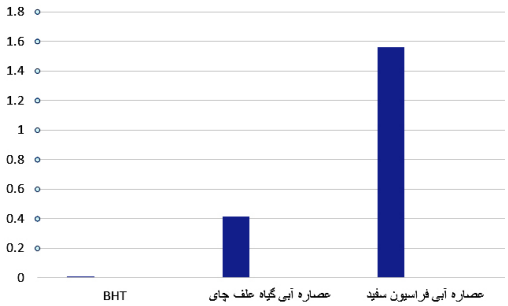
با رسم منحنی AI% در مقابل غلظت‌های مختلف عصاره، مقدار IC_{50} (غلظتی از سوبسترا برحسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر که برای کاهش DPPH به میزان ۵۰٪ مقدار اولیه نیاز است)، برای هر عصاره تعیین گردید. برای محاسبه IC_{50} عصاره‌های مورد نظر، از نرم‌افزار Graphpad prism استفاده شد. با توجه به مقادیر بدست آمده IC_{50} دو گیاه مورد بررسی مشخص شد خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاه علف چای بیشتر از فراسیون سفید است. جدول (۱) و شکل (۳) را جهت مقایسه خاص آنتی‌اکسیدانی عصاره دو گیاه مشاهده نمایید.

۲-٤- سنتز سبز نانوذرات اکسید مس

۲۰ ml از محلول سولفات مس بدون آب را در ارلن شیشه‌ای کوچک جداگانه ریخته، سپس در حالی که ارلن روی همزن مغناطیسی قرار دارد، دمای محلول را به ۱۰۰-۱۲۰ °C رسانده سپس ۲ ml از عصاره گیاه مورد بررسی را قطره‌قطره با بورت به آن اضافه می‌کنیم (شکل ۴). در ابتدا رنگ آبی محلول به سبز تبدیل شد و بعد از ۲۴ ساعت هم‌زدن مداوم رنگ محلول به قرمز آجری تبدیل شد.

جدول ۱: مقادیر IC_{50} برای عصاره گیاه Hypericum perforatum و عصاره گیاه Marrubium Vulgare نسبت به BHT با روش DPPH.

نمونه	IC_{50}(mg/ml)
عصاره آبی گیاه علف چای (Hypericum perforatum)	۰/۴۱۳
عصاره آبی گیاه فراسیون سفید (Marrubium Vulgare)	۱/۵۶۲
BHT	۰/۰۰۹



شکل ۳: مقایسه IC50 برای BHT و عصاره آبی گیاه فراسیون سفید و عصاره آبی گیاه علف چای.

در مدت ۲۴ h درپوش آلومینیومی روی ارلن گذاشته تا سنتز نانوذرات به خوبی انجام شود و در مجاورت هوا واکنش‌های جانبی رخ ندهد (شکل ۵). بعد از سنتز محلول حاوی نانوذرات رابه مدت ۱۵ min با سرعت ۵۵۰۰ rpm سانتریفیوژ کرده و پودر بدست آمده را در دمای ۹۰ °C درجه به مدت یک شب در آون قرار داده تا خشک شود. نانوذرات بدست آمده جهت شناسایی و طیف‌سنجی درون ظرف تیره رنگ ذخیره گردید. این روش سنتز برای هر دو عصاره گیاه علف چای و فراسیون علف چای انجام شد. اما نتایج سنتز نشان داد که محلول حاصل از عصاره علف چای فاقد نانوذرات سنتزی می‌باشد. دلیل آن احتمالا مربوط به خاصیت آنتی‌اکسیدانی پایین گیاه فراسیون سفید نسبت به گیاه علف چای است.

شکل ٤: محلول سولفات مس و عصاره گیاه علف چای در زمان‌های ابتدایی.

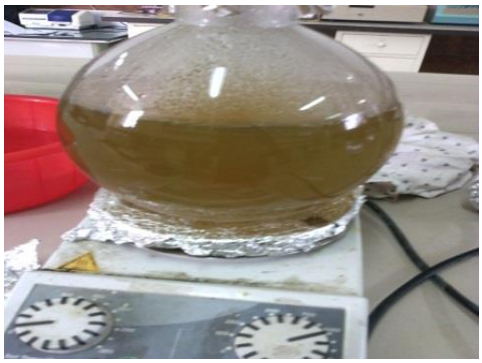
۲-۵- سنتز نانوذرات اکسید مس با تنظیم pH

در این روش نیز مانند روش بالا عمل می‌کنیم با این تفاوت که این بار قبل از افزودن عصاره pH محلول سولفات مس را به ۷ می‌رسانیم و سپس عصاره را اضافه می‌کنیم که طبق نتایج بدست‌آمده نتیجه طیف XRD آن بسیار مشابه طیفی است که در آن تنظیم pH اعمال نشده بود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- طیف سنجی نور مرئی-فرابنفش (UV-Vis)

نانوذره‌های سنتز شده ابتدا توسط طیف‌سنجی نور مرئی-فرابنفش در طول موج ۲۰۰ nm-۷۰۰ با استفاده از کووت‌هایی از جنس کوارتز و عصاره گیاه به عنوان شاهد بررسی‌شد. طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش یکی از روش‌های مورد استفاده در علوم تجربی برای بررسی اطلاعات علمی و عملی، با استفاده از برهمکنش نور و ماده طیف‌بینی می‌باشد.



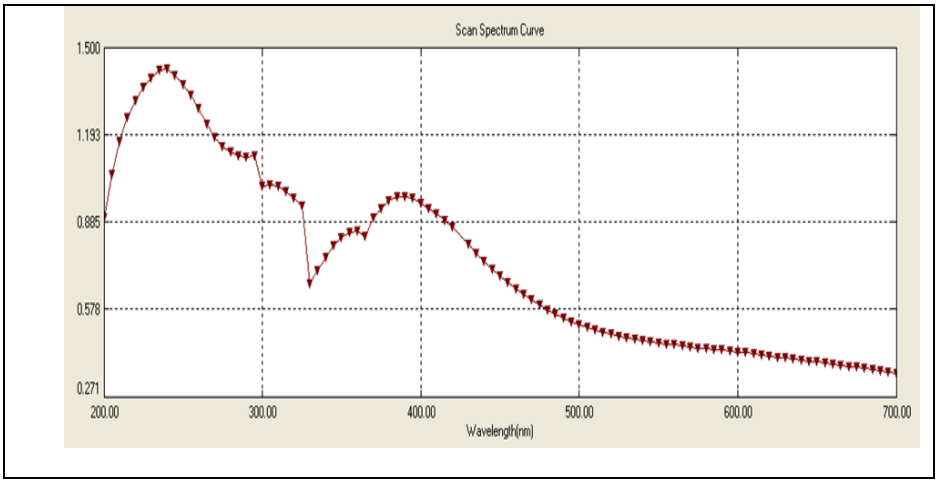
شکل ۵: محلول سولفات مس و عصاره گیاه علف چای بعد از ٢٤ h همزدن مداوم.

در نانوذرات فلزی تشدید پلاسمون سطحی مسئول خواص نوری منحصربفرد آن‌ها است که تحت فاکتورهایی از قبیل اندازه نانوذرات، فاصله آنها از همدیگر و ضریب شکست محیط پیرامون تغییر می‌کند.

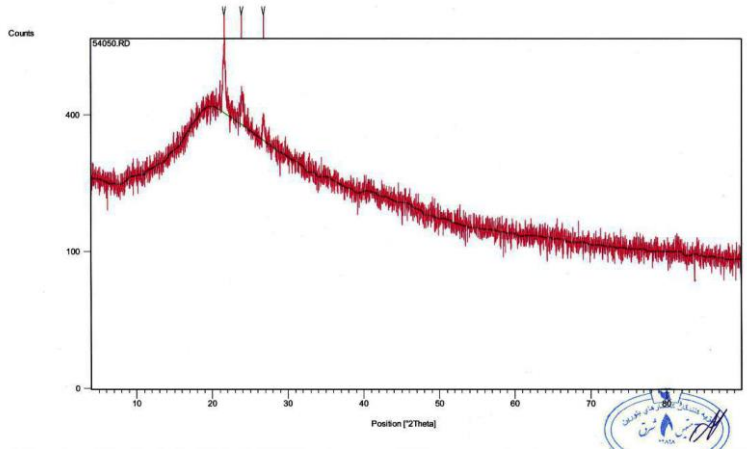
جابه جا شدن پیک‌ها و تغییر در شدت آن‌ها و ایجاد تغییرات در رنگ‌های مشاهده شده، از جمله عواملی هستند که وابسته به اندازه نانوذرات هستند. بنابراین ویژگی‌های نوری نانوذرات وابسته به قطر نانوذرات است. نانوذرات بزرگتر پراکندگی بیشتری نشان می‌دهند و پیک‌های وسیع‌تری داشته و به سمت طول موج بلندتر تغییر می‌یابند. مقدار ۴ میکرولیتر از عصاره حاوی نانوذرات را در سل‌های ۱۶تایی به طوری که حباب نگیرد ریخته و در جایگاه تعبیه شده دستگاه قرار داده می‌شود که پیک در ناحیه ۴۰۰ nm-۲۰۰ نمایانگر وجود نانوذرات اکسید مس می‌باشد [۲۷] (شکل ۶).

۳-۲- طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس نانوذرات (XRD)

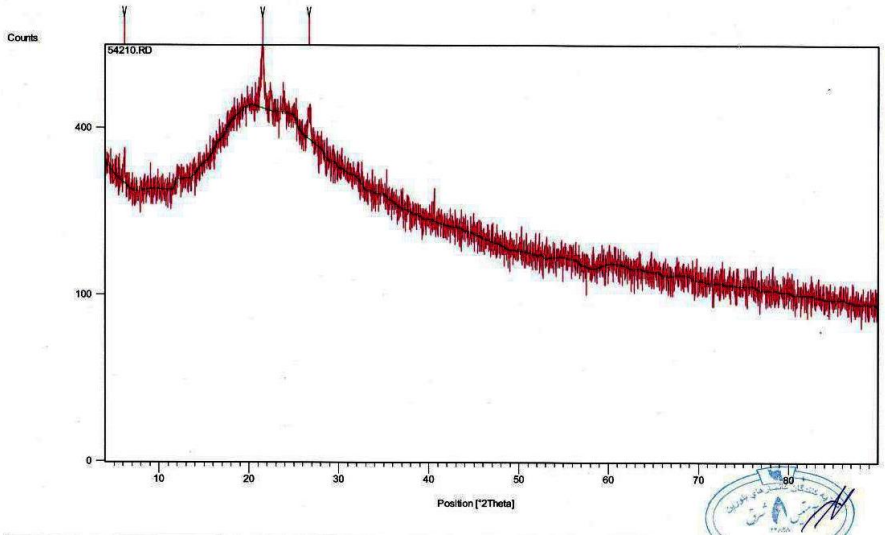
XRD یا همان پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction) تکنیکی قدیمی و پرکاربرد در بررسی خصوصیات کریستال‌ها می‌باشد. در این روش از پراش اشعه ایکس توسط نمونه جهت بررسی ویژگی‌های نمونه استفاده می‌شود. طیف XRD برای تعیین عموم کمیات ساختار کریستالی از قبیل ثابت شبکه، هندسه شبکه، تعیین کیفی مواد ناشناس، تعیین فاز کریستال‌ها، تعیین اندازه کریستال‌ها، جهت‌گیری تک‌کریستال و ...، قابل استفاده می‌باشد.



شکل ٦: طیف (UV-Vis) ترکیب کلوئیدی حاوی نانوذرات اکسید مس.



شکل ۷: طیف XRD نانوذره اکسید مس سنتز شده از عصاره گیاه علف چای.



شکل ۸: طیف XRD نانوذره اکسید مس سنتز شده از عصاره گیاه علف چای.

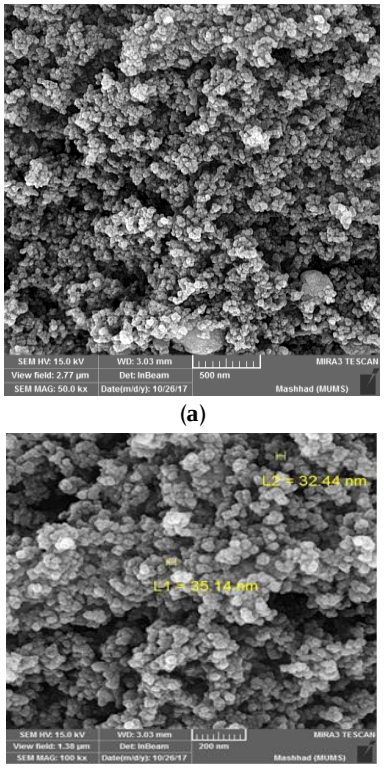
الگوی پراش اشعه ایکس مربوط به نانوذرات اکسید مس سنتز شده در شکل (۷) نشان داده شده است. آنالیز XRD به منظور اثبات نانوکریستال‌های فلزی اکسید مس انجام‌گرفت. بر اساس یافته‌های بدست آمده، نانوکریستال‌های فلزی اکسید مس سنتزی در سطح ۳۰-۲۰ پیک‌هایی داده که با نمونه استاندارد نانوکریستال‌های اکسید مس کاملا هم‌خوانی دارد [۲۸]. سنتز نانوذرات اکسیدمس با روش تنظیم pH نیز انجام گرفت. نتایج طیف XRD نشان داد که تنظیم pH اثری در روند سنتز نانوذرات اکسیدمس نداشته است (شکل ۸).

۳-۳- بررسی تصویری میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

توزیع شکل و اندازه نانوذره‌های سنتز شده توسط آنالیز تصویری میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شد، برای کار با میکروسکوپ الکترونی به محیط خلا نیاز است.

به منظور تعیین اندازه نانوذرات و مطالعه مورفولوژی آن‌ها از آنالیز SEM استفاده شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها پودر استخراجی از محلول اولیه با چسب به نگهدارنده نمونه چسبانده شدند. سپس لایه‌ی بسیار نازکی از طلا با ضخامت ۱۰ نانومتر توسط روش اسپاترینگ بر روی آن لایه‌نشانی شدند.

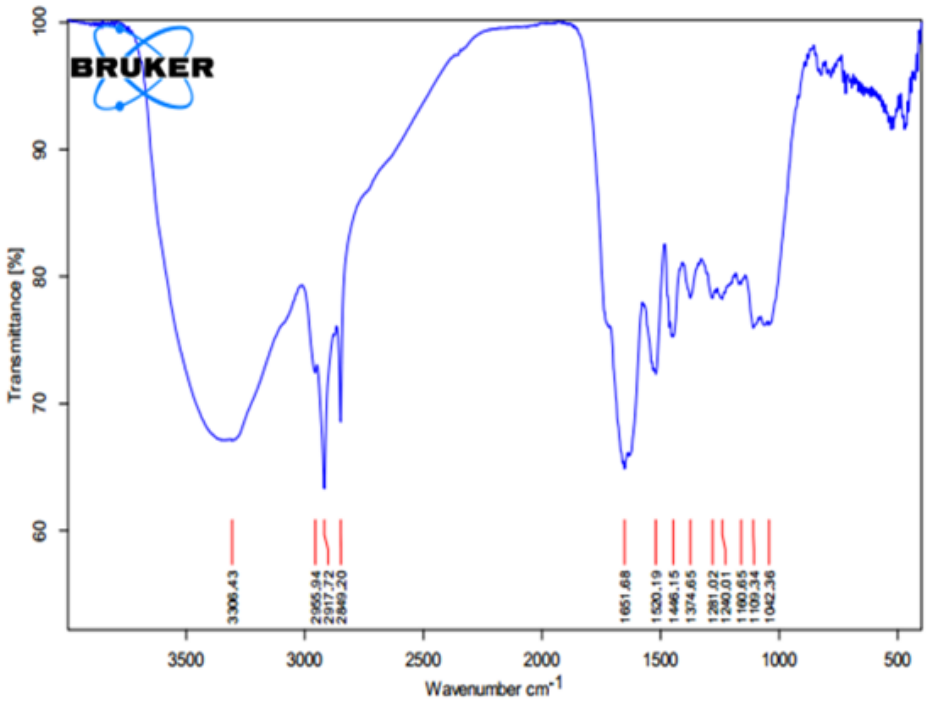
پس از آماده‌سازی نمونه‌ها تصاویر آنها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (FESEM) گرفته شد. مطابق شکل ۹ نانوساختارهای اکسید مس به صورت نانوکره‌هایی با قطر تقریبا nm ۳۲-۳۶ مشاهده گردید.



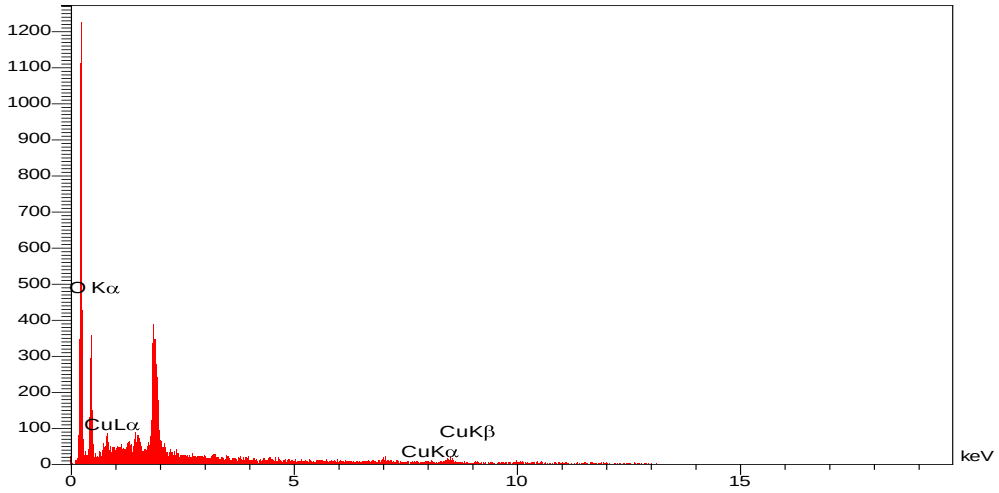
(a)

(b)

شکل ۹: طیف SEM نانوذرات اکسید مس سنتز شده از عصاره گیاه علف چای a) 50.0 KX و b) 100 KX.



شکل ۱۰: طیف FTIR نانوذرات اکسید مس سنتز شده از عصاره گیاه علف چای.



شکل ۱۱: طیف EDS نانوذرات اکسید مس سنتز شده از عصاره گیاه علف چای.

۳-٤- طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)

طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه یکی از پرکاربردترین روش‌ها در شناسایی کیفی مولکول‌های مختلف، تعیین ساختار مولکولی گونه مختلف (مخصوصا گونه‌های آلی) و شناسایی گروه‌های عاملی موجود در ساختار یک گونه می‌باشد که با این روش نانوذرات اکسید مس سنتز شده بررسی شد.

آنالیز طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه به منظور شناسایی ملکول‌های موجود در نانوذرات سنتز شده از عصاره گیاه علف چای انجام شد. برای آماده‌سازی نمونه پودری جهت انجام آنالیز ۲۰ ml از سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسید

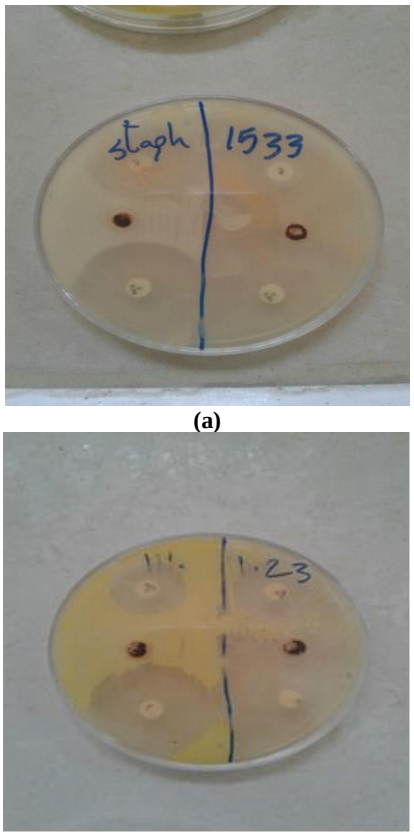
مس و ۲۰ ml سوسپانسیون فاقد نانوذرات اکسید مس هر کدام جداگانه به مدت ۱۰ min در ۶۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و بعد از بیرون ریختن فاز رویی نمونه‌ها به وسیله فریزدرایر و به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و جهت آنالیز پودر حاصل از دستگاه FTIR، مدل Tensor27 ساخت آلمان استفاده شد. پیک سه‌تایی در ناحیه ۷۰۰-۵۰۰ و پیک قوی در ناحیه ۴۰۰۰-۲۸۰۰ نمایانگر حضور نانوذرات اکسید مس است. پیک پهن در ناحیه ۳۶۰۰-۳۰۰۰ نمایانگر ارتعاش کششی گروه O-H، در ناحیه ۲۹۹۰ کششی گروه C-H، در ناحیه ۱۶۵۱ کششی C=O و N-H، و در ناحیه ۱۰۴۲ و ۱۴۲۲مربوط به حرکت کششی C-O است. از آنجایی که ترکیبات آلی عصاره‌های گیاهی در اطراف نانوذرات قرار می‌گیرند و باعث پایداری نانوذرات می‌شوند، لذا در طیف FTIR حرکات مربوط به این گروه‌های آلی دیده می‌شوند (شکل ۱۰).

۳-۵- بررسی طیف پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) نانوساختارهای اکسید مس

با توجه به طیف EDS نانوذرات اکسید مس که در شکل ۱۱ آمده است حضور عنصر مس مورد تایید قرار می‌گیرد. میزان خلوص نانوذرات سنتز شده بسیار بالاست. البته کمی یون Cu^{2+} هنوز در محیط دیده می‌شود که این می‌تواند مربوط به روش شستشوی ناقص جامد حاصل از سانتریفیوژ باشد.

۳-٦- بررسی خاصیت ضدباکتریایی

فعالیت ضدمیکروبی نانوذره‌های سنتز شده در شرایط بهینه روی دو گونه باکتریایی شامل یک گونه باکتری گرم منفی (اشریشیاکلی) و یک گونه باکتری گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس) بررسی شد. شکل ۱۲ هاله عدم رشد نانوذرات وآنتی‌بیوتیک شاهد را در برابر باکتری‌های (a) استافیلوکوکوس اورئوس و (b) اشریشیاکلی نشان می‌دهد. نتیجه‌های بدست‌آمده از فعالیت ضدباکتریایی این نانوذره‌ها با گونه آنتی‌بیوتیک که به عنوان شاهد در این آزمایش بکار رفته‌اند، مقایسه شد. با توجه به نتیجه‌ها دو باکتری ذکرشده نسبت به نانوذره اکسید مس حساسیت زیادی از خود نشان نداده‌اند که دلیل آن می‌تواند تغییر غلظت و اندازه نانوذرات باشد که روی خاصیت ضدمیکروبی تاثیر می‌گذارد.



(a)

(b)

شکل ۱۲: شکل هاله عدم رشد نانوذرات اکسید مس سنتز شده از عصاره گیاه علف چای و آنتی بیوتیک شاهد برای نانوذرات در مقابل، a) استافیلوکوکوس اورئوس و b) اشریشیاکلی.

٤- نتیجه‌گیری

نانوذرات فلزی به دلیل خواص نوری منحصربفرد، خاصیت کاتالیتیک، کاربردهای الکتریکی و مغناطیسی مورد توجه قرار گرفته‌اند. بنابراین تعدادی از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای توسعه نانوذرات فلزی بکار گرفته شده اند. در سال‌های اخیر روش سنتز با استفاده از عصاره گیاهان توجه بیشتری را نسبت به روش‌های فیزیکی و شیمیایی به خود اختصاص داده است. سنتز سبز ساده، کم هزینه، غیر

سمی، سازگار با محیط زیست و کارآمد با بهره‌برداری هستند. سنتز سبز نانوذرات اکسید مس با استفاده از عصاره گیاهی علف چای و فراسیون سفید به عنوان یک روش سنتز سبز انجام شد. مزیت این روش و مواد مورد استفاده در این کار تحقیقاتی این است که از هیچ نوع حلالی یا عامل پوشاننده استفاده نشده است. روش سنتز سریع آن در مقایسه با روش‌های دیگر قابل توجه است؛ بنابراین در کاربردهای غذایی و دارویی می‌تواند به راحتی استفاده شود. در این پژوهش، تولید زیستی نانوذرات اکسید مس با استفاده از عصاره گیاه علف چای و فراسیون سفید مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که مواد آنتی‌اکسیدان گیاه به عنوان عوامل کاهنده عمل می‌کنند و باعث احیای یون مس در محلول نمک آن می‌شوند، لذا در این تحقیق ابتدا فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه علف‌چای و گیاه فراسیون سفید بررسی‌شد که مشخص شد فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه علف چای بیشتر می‌باشد، با توجه به میزان IC_{50} دوگیاه مشخص شد خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاه علف چای بالاتر است (جدول ۱ و شکل ۳). سنتز نانوذرات اکسید مس با استفاده از عصاره آبی گیاه علف چای و عصاره آبی گیاه فراسیون سفید با کمک محلول نمک سولفات مس انجام شد. اما روش به کار رفته برای عصاره گیاه فراسیون سفید منجر به سنتز نانوذرات اکسید مس نشد. دلیل آن را می‌توان احتمالا به خاطر خاصیت آنتی‌اکسیدانی پایین این گیاه و در نتیجه کاهش قدرت احیاءکنندگی آن دانست. لذا تنها از عصاره گیاه علف چای موفق به سنتز نانوذرات اکسید مس شدیم.

مطالعات طیفی UV-Visible نانوذرات اکسید مس نشان داد در اثر احیای یون‌های مس موجود در محلول نمک سولفات مس توسط عوامل کاهنده موجود در عصاره گیاه علف چای و تولید نانوذرات، رنگ نمونه‌ها از آبی کم‌رنگ به قهوه‌ای تبدیل شد (شکل‌های ۴ و ۵) که نشان دهنده تولید سوسپانسیون کلوئیدی (Hydrosol) نانوذرات اکسید مس بود. ماکزیمم جذب نانوذرات اکسید مس بین nm ۲۰۰-۴۰۰ دیده شد (شکل ۶). طیف XRD مربوط به نانوذرات سنتز شده وجود نانوکریستال‌های اکسید مس را در عصاره گیاه علف چای به وضوح ثابت کرد (شکل ۷). به منظور بررسی اثرات تنظیم pH بر روش سنتز و امکان سنتز، pH محیط واکنش تنظیم شد اما طیف XRD تغییرات خاصی را نشان نداد (شکل ۸). همچنین مطالعه تصاویر SEM نانوذرات سنتز شده نشان داد که نانوذرات اکسید مس سنتز شده بطور عمده به شکل کروی با ضخامت تقریبا nm ۳۳ می‌باشد، همچنین تصاویر نشان دهنده توزیع یکنواخت سایز ذرات سنتزی می‌باشد که از مزیت‌های استفاده از این روش می‌باشد (شکل ۹). طیف FT-IR به منظور شناسایی پیوند Cu-O انجام شد. پیک سه تایی در ناحیه cm^{-1} ۵۰۰-۷۰۰ و پیک قوی در ناحیه cm^{-1} ۲۸۰۰-۴۰۰۰ نمایانگر حضور نانوذرات اکسید مس است. پیک پهن در ناحیه cm^{-1} ۳۰۰۰-۳۶۰۰ نمایانگر ارتعاش کششی گروه O-H، در ناحیه ۲۹۹۰ کششی گروه C-H، در ناحیه ۱۶۵۱ کششی C=O و N-H و در ناحیه ۱۰۴۲ و ۱۴۲۲ مربوط به حرکت کششی C-O است (شکل ۱۰)، که این پیک‌ها احتمالا نمایانگر گروه‌های آلی عصاره گیاهی است که به عنوان پوششی اطراف نانوذرات اکسید مس را احاطه می‌کند و مانع از چسپیدن نانوذرات به یکدیگر می‌شود. در این روش نانوذرات مس با پایداری خوب سنتز شد. بنابراین بیومولکول‌های موجود در عصاره نه تنها یون‌های مس را احیاء کردند بلکه بعد از سنتز شدن از آن‌ها در مقابل عوامل اکسیدان محافظت به عمل آوردند. طیف EDS نیز خلوص نانوذرات سنتز شده اکسید مس را نشان می‌دهد (شکل ۱۱). نتایج آزمون‌های آنتی‌باکتریایی تاثیر نانوذرات اکسید مس (CuO) سنتز شده را بر علیه دو باکتری هدف نشان داد. میانگین قطر هاله عدم رشد برای دو باکتری مورد آزمایش در مقایسه با دو نوع از آنتی‌بیوتیک‌ها نشان می‌دهد که عصاره حاوی نانوذرات سنتز شده گیاه علف چای تاثیر آنتی‌باکتریایی بسیارکمی داشته‌است، که احتمالا این نتیجه می تواند با تغییر در غلظت عصاره یا محلول نمک مورد استفاده برای سنتز نانوذرات و در نتیجه سایز نانوذرات تغییرکند (شکل ۱۲).

مراجع

[1] M. Semnani, M. Saeedi, M. Mahdavi, F. Rahimi, *Journal Mazandaran Univ Med. Sci.*, **57**, 2007, 57.
[2] S.E. McNeil, J. Leukoc, *Nanotechnology for the Biologist, J Leukoc Biol.*, **78**, 2005, 585.
[3] S. Wang, T. Chen, R. Chen, Y. Hu, M. Chen, Y. Wang, *International Journal of Pharmaceutics*, ***4*30**, 2012, 238.
[4] S. Yamasaki, T. Yamada, H. Kobayashi, H. Kitagawa, *Chemistry-An Asian Journal*, **8**, 2013, 73.
[5] S.C. Mandala, A.K. Dharab, C.K. Kumara, B.C. Maitic, *J Herbs Spices Med Plants*, **8**, 2001, 69.
[6] J. Hu, W. Cai, Y. Li, H. Zeng, *Journal of Physics: Condensed Matter.*, **17**, 2002, 5349.
[7] B. Choi, H. Lee, S. Jin, S. Chun, S. Kim, *Nanotechnology*, **18**, 2007, 1.
[8] Y. Lu, P. Spyra, Y. Mei, M. Ballauff, A. Pich, *Macromolecular Chemistry and Physics*, **208**, 2007, 254.
[9] H.Y. Song, K.K. Ko, I.H. Oh, B.T. Lee, *European Cells and Materials*, **11**, 2006, 58.
[10] V. Homaunfar, S.H. Tohidi, G. Grigoryan, *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, **32**, 2013, 37.
[11] R.U. Maheswari, A.L. Prabha, V. Nandagopalan, V. Anburaja, *Journal of harmacy and Biological Sciences*, **1**, 2012, 38.
[12] S. Shrivastava, T. Bera, A. Roy, G. Singh, P. Ramachandrarao, D. Dash, *Nanotechnology*, **18**, 2007, 1.
[13] M. Kamali, S. Ghorashi, M.A. Asadollahi, *Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering*, **31**, 2012, 21.
[14] S.K. Bajpai, M.M. Yallapu, M. Bajpai, V. Thomas, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **7**, 2007, 2994.
[15] O. Choi, K.K. Deng, N.J. Kim, N.J. Ross, L. Jr, R.Y. Surampalli, Z. Hu, *Water Res.*, **42**, 2008, 3066.
[16] R.K. Das, B.B. Borthakur, U. Bora, *Materials Letters*, **64**, 2010, 1445.
[17] S.P. Dubey, M. Lahtinen, M. Sillanpaa, *Process Biochemistry*, **45**, 2010, 1065.
[18] K. Vishveshvar, M.V. Aravind Krishnan, S. Vishnuprasad, *Bio Nano Science*, **8**, 2018, 554.
[19] P. Yugandhar, T. Vasavi, Y. Jayavardhana Rao, P.U. Maheswari-Devi, G. Narasimha, N. Savithramma, *Journal of Cluster Science*, **29**, 2018, 755.
[20] A. Awwad, M. Amer, *Chemistry International*, **6**, 2020, 210.
[21] J. Singh, V. Kumar, K.H. Kim, M. Rawat, *Environmental Research*, **177**, 2019, 108569.
[22] J. Sarkar, N. Chakraborty, A. Chatterjee, A.Bhattacharjee, D. Dasgupta, K. Acharya, *Nanomaterials*, **10**, 2020, 312.
[23] J. Santhoshkumar, S. Venkat-Kumar, *International Journal of Recent Technologyand Engineering*, **8**, 2020, 5444.
[24] A. Bashiry Rezaee, *Journal of cleaner production*, **166**, 2017, 221.
[25] H.R. Ghorbani, I. Fazeli, A.A. Fallahi, *Oriental Journal of Chemistry*, **31**, 2015, 515.
[26] W. Knoss, B. Reuter, J. Zapp, *Biochem. J.*, **236**, 1997, 449.
[27] L.B. Shi, P.F. Tang, *Journal of Pharmaceutical Research*, **16**, 2016, 185.
[28] A. Jayalakshmi, *Journal of Nanomaterials and Biostructures*, **4**, 2014, 66.