

سنتز زیستی نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره آبی میوه گواوا (*Psidium guajava*) و بررسی فعالیت آنتی باکتریال آن

بابک صادقی¹ و بیتا کوپایی²

1- دانشیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن، ایران

2- کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، ایران

تاریخ دریافت: 1397/11/1

تاریخ پذیرش: 1399/9/23

چکیده:

در مجموعه کارتحقیقاتی، عصاره گیاهی میوه گواوا¹ به دلیل دارا بودن خاصیت کاهندگی، برای سنتز نانو ذرات نقره (Ag-NPs) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آثار کاهندگی و محافظت خوب گواوا (PG)، سنتز نانوذرات نقره را در ابعاد نانو مهیا می‌کند. طیف سنجی اشعه ماورابنفش (UV-vis)، پراش-اشعه ایکس (XRD)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف سنجی انرژی اشعه ایکس (EDAX) برای شناسایی نانو ذرات نقره سنتز شده با استفاده از روش زیستی به کار برده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند که در اثر سنتز زیستی، نانو ذرات نقره با قطرهای 10-20 نانومتر تولید می‌شوند. مطالعات XRD درجه بالایی از بلورهای نانوذرات نقره، منحصر به فرد با ساختار مکعبی مرکز پر (fcc) را نشان می‌دهد. نتایج FTIR به وضوح نشان داد که عصاره گواوا (PG)، حاوی OH- به عنوان گروه عاملی در واکنش کاهش و سنتز نانوذرات نقره عمل می‌کنند. فعالیت ضد باکتری Ag-NPs در برابر رشد گرم مثبت (*S. aureus*) با استفاده از SEM مورد آزمایش قرار گرفت. مهار در رشد گرم مثبت (*S. aureus*) در برابر Ag-NPs مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد که ذرات نقره سنتز شده به عنوان عامل ضد باکتری مؤثر عمل می‌کند. این ثابت شده است که ذرات نقره سنتز شده قادر به ارائه آثار ضد باکتری بالاست و از این رو پتانسیل بالایی در آماده‌سازی داروهای مورد استفاده در برابر بیماری‌ها دارد.

کلیدواژگان: نانوذرات نقره؛ شیمی سبز؛ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)؛ گواوا؛ فعالیت ضد باکتری.

1. *Psidium guajava*

1- مقدمه

انتظار می‌رود فناوری نانو مبنای بسیاری از نوآوری‌های اصلی، تحقیق و توسعه در قرن بیست و یکم باشد. عصاره‌های گیاهی ممکن است، به‌عنوان عامل کاهنده و پایدارکننده در سنتز نانوذرات عمل کنند [1]. نانوذرات نقره به‌دلیل استفاده گسترده از آنها در زمینه‌های مختلف، در دو دهه گذشته توجه محققان را جلب کرده‌اند. فناوری نانو، به صورت علمی بین رشته‌ای در جهت تحقیق، توسعه و فعالیت‌های صنعتی به سرعت در حال رشد است. نانوذرات فلزی در ابعاد و ریخت‌شناسی ویژه می‌توانند به راحتی با استفاده از روش‌های شیمیایی و فیزیکی سنتز شوند [5-1]. در این روش از تحقیق‌ها درخصوص استفاده از عصاره‌های گیاهی [6]، قارچ‌ها [7]، جلبک‌ها [8]، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها [9] به‌عنوان عوامل کاهنده برای انجام سنتز نانوذرات با اشکال و ساختارهای مختلف، از جمله نانومواد نقره و یا طلای چند شاخه استفاده شده است [10]. اما استفاده از سورفاکتانت در سنتز سبز نانو ذرات نقره نادیده گرفته شده است. بیشتر روش‌های گزارش شده با این روش‌ها بسیار گران هستند و همچنین شامل استفاده از مواد شیمیایی سمی و خطرناک به‌عنوان پایدارکننده که ممکن است خطرات زیست محیطی را ایجاد کنند، به‌علت افزایش نگرانی‌های خطرات زیست محیطی از روش‌های سنتز شیمیایی، فرایند زیستی در تشکیل نانو بنا نهاده شده است. روش کاهش زیستی، یکی از فرایندهای اساسی در سنتز نانو زیست فناوری می‌باشد. پایداری، شکل، اندازه و ریخت‌شناسی نانوذرات فلزی بسیار وابسته به روش آماده‌سازی، نوع، طبیعت کاهش دهنده‌ها و غلظت پایدارکننده‌ها (پلیمرها، لیگاندها، ماتریس جامد و سورفاکتانت‌ها)

می‌باشد [11]. رزونانس پلاسمون سطحی با توجه به سطح مقطع مؤثر نانوذرات نقره، شناسایی این مولکول‌ها را امکان‌پذیر می‌کنند [12]. علاوه بر این، نانوذرات نقره به‌علت خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه در زمینه زیست‌شناسی و پزشکی نقش مهمی ایفا می‌کنند. خاصیت فلز نقره در ابعاد مختلف در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها به خوبی شناخته شده است و به‌تازگی به‌عنوان یک ماده ضد میکروبی امیدوار کننده از نانوذرات نقره استفاده شده است [13-17]. نانوذرات نقره دارای خاصیت ضدالتهابی، ضدویروسی، ضدآنتی‌بیوتیک و فعالیت ضد پلاکتی و سمیت سلولی در برابر سلول‌های سرطانی است که آنها را حیاتی می‌کند [18-20]. با این حال، در این روش‌ها مواد شیمیایی سمی را به‌عنوان عوامل کاهنده یا عوامل پایدارکننده غیرزیستی استفاده می‌شود و به همین دلیل، به صورت بالقوه، برای محیط زیست و سیستم‌های زیستی خطرناک هستند [21]. علاوه براین، بیشتر این روش‌ها شامل کنترل‌های پیچیده یا غیراستاندارد است، ما به‌تازگی به یک روش کاهش جهت تبدیل به نانو ساختارها [22]، نانوصفحات [23]، فعالیت ضد میکروبی آنها [24، 25]، بهبود مسیر ساده مصنوعی برای نانوذرات نقره در پلی دی آلایل دی متیل آمونیوم کلراید (PDDA) [26]، سنتز نانوکامپوزیت هیبرید طلا/ HPC [27]، تهیه نانوکامپوزیت ZnO/Ag [28] و مقایسه مقادیر نانوذرات نقره و نانوصفحات نقره جهت اکسیداسیون اسید اسکوربیک [29] دست پیدا کردیم. با توجه به نقش شیمی سبز، با موفقیت نشان داده شده که ابعاد، شکل و عملکرد ضد باکتریایی نانوذرات نقره با کاهش یون‌های Ag^+ با خاصیت زیست تخریب پذیری گواوا به‌طور عمده ماهیت عوامل کاهش

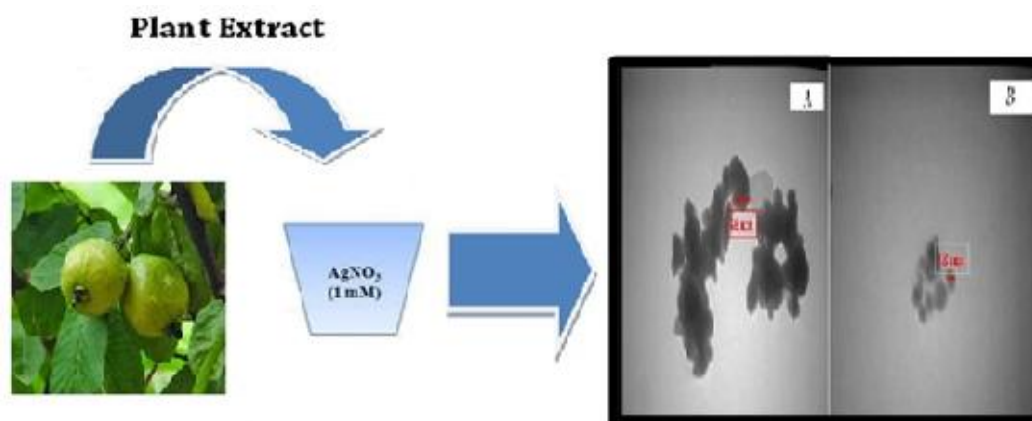
برای یک هفته در دمای اتاق خشک و میوه مورد نظر پودر و برای مطالعه بیشتر ذخیره شد. برای این آزمایش، نانوذرات دارای غلظت‌های 0/976 تا 100 میکروگرم در میلی لیتر می باشند. *ATCC 51153* اس. اورئوس به عنوان یک باکتری گرم مثبت استفاده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت ضد میکروبی، کشت باکتری در محیط کشت *Luria* با دمای 38°C (تریپتون 1/5٪، عصاره مخمر 0/75٪ کلرید سدیم 1/2٪، آگار 1٪، Difco) انکوباتور شد.

دهنده، غلظت و زمان مخلوط کردن واکنش دهنده‌ها وابسته است [30]. روش انجام شده در این تحقیق بسیار ساده، آسان، ارزان و سازگار با محیط زیست است. (طرح 1).

2- مواد و روش ها

2-1 مواد مورد استفاده

نیتрат نقره خریداری شده از Loba Chemie، هند به دست آمده و مورد استفاده قرار گرفته است. تمام واکنش‌های دیگر مورد استفاده در واکنش دارای درجه خلوص خوب بودند. میوه گواوا از جنوب ایران جمع آوری شد و با آب مقطر دو مرتبه تمیز شده است و



طرح 1- عصاره میوه PG^2 باعث کاهش و تثبیت نانوذرات Ag می شود.

برای سنتز نانوذرات نقره، غلظت های مختلف عصاره میوه مورد آزمایش قرار گرفت و سپس عصاره مورد استفاده به 1 میلی لیتر بهینه سازی شد. علاوه بر این، 1 میلی لیتر عصاره به 10 میلی لیتر محلول 1 میلی لیتری نیترات نقره (AgNO_3) اضافه شد و محلول در دمای اتاق برای کاهش Ag^+ به Ag^0 قرار گرفت. ترکیب حاوی Ag-Nps، 15 دقیقه با سرعت 10,000 دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و پس از آن در آب مقطر استریل دوباره پراکنده شد تا مولکول های زیستی را از بین ببرد. تغییر رنگ مربوط به تشکیل نانوذرات نقره است. گلوله های خالص سپس در صفحات پتری نگهداری و در دمای اتاق به مدت 24 ساعت در دمای 60 درجه سانتی گراد قرار گرفتند. محلول بی رنگ AgNO_3 از زرد به قهوه ای یا از زرد مایل به قرمز تبدیل به قرمز شدید شد که این نشان دهنده تشکیل Ag-Nps بود. خشک شده تا در آزمایشات بعدی جهت شناسایی مورد استفاده قرار گیرد. طیف سنجی اشعه ماوراءبنفش (UV-vis)، پراش اشعه ایکس (XRD)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوری (FTIR)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف سنجی انرژی اشعه ایکس (EDAX) جهت شناسایی نانو ذرات نقره سنتز شده با استفاده از روش زیستی به کار برده شده است. داده ها نشان می دهند که در اثر سنتز زیستی، نانو ذرات نقره با قطرهای 10-20 نانومتر تولید می شوند. مطالعات XRD درجه بالایی از بلورهای نانوذرات نقره منحصر به فرد با ساختار مکعبی مرکز پر (fcc) را نشان می دهد.

2-3 مطالعات فعالیت ضد میکروبی

(ATCC 51153) اس. اورئوس به عنوان یک باکتری گرم مثبت مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری فعالیت ضد میکروبی، کشت باکتری در دمای 38 درجه

سانتی گراد در محیط لوریا (تریپتون 1/5٪، عصاره مخمر 0/75٪، کلرید سدیم 1/2٪، آگار 1٪، Difco) انکوباتور شد. فعالیت ضد میکروبی نانوذرات نقره (Ag-NPs) در برابر *S. aureus* به عنوان مدل باکتری های گرم مثبت مورد بررسی قرار گرفته است. فعالیت های ضد باکتریایی در شرایط *In vitro* نانوذرات نقره با توجه به Melaiye and Feng مورد بررسی قرار گرفت [31-33]. جهت بررسی مکانیسم عمل ضدباکتریایی نانو ذرات نقره، از میکروارگانیزم های زیر استفاده شد: استافیلوکوکوس اورئوس گرم مثبت.

2-4 مشخصات نانوذرات نقره (Ag-NPs)

نانو ذرات به طور کلی توسط ابعاد، شکل، سطح و پراکندگی آنها مشخص می شوند [32-33]. سنتز زیستی Ag-NPs در یک محلول با اندازه گیری طیف های UV-vis از محلول (1 : 4 رقیق شده) مخلوط واکنش مشاهده شد. طیف UV-vis در طیف سنجی دوتایی (Shimadzu، مدل UV-1800، کیوتو، ژاپن) از 300 تا 800 نانومتر با وضوح 1 نانومتر ثبت شد. آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (مدل LEO 440i) مجهز به طیف سنج پراکندگی انرژی اشعه ایکس (EDAX)، Ag-NPs با استفاده از عصاره میوه 8 درصد و محلول 6 میلی مولار AgNO_3 سنتز شده اند (Bankar et al., 2010). تصاویر Zeides-EM10C-80KV با ولتاژ شتاب دهنده 40 و 200 کیلو ولت، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) گرفته شد.

تابش انعکاس مشاهدات مربوط به Ag-NPs (nm) 27 (~) در الگوی پراش (XRD (Seisert Argon 3003) با استفاده از اشعه $\text{Cu K}\alpha$ (3) فیلتر نیکل (PTC 1.5418 Å). پودرهای خالص Ag-NPs توسط طیف سنجی مادون قرمز (FTIR; Bomem MB100) تحت آزمایش قرار گرفتند.

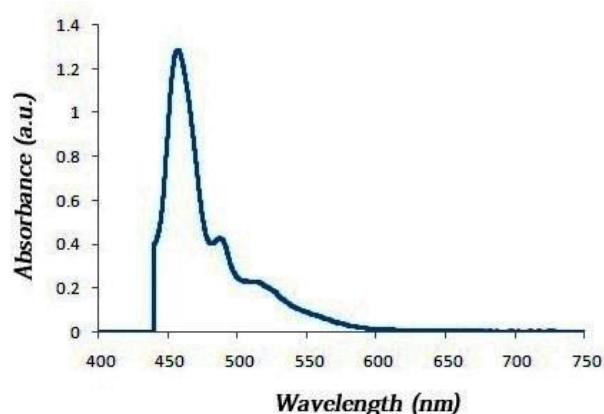
مختلف (در ابعاد 2 تا 100 نانومتر) و در این تحقیق جهت بررسی تشکیل و پایداری Ag-NPs در محلول آبی تعیین شده است. محلول بی‌رنگ AgNO_3 از زرد به قهوه ای یا از زرد مایل به قرمز به قرمز شدید تبدیل شد که نشان دهنده تشکیل Ag-NPs بود. ظهور رنگ قهوه‌ای به علت تحریک رزونانس پلاسمون سطح (SPR) بود. Ag-NPs به‌طور معمول (با داشتن مقادیر λ حداکثر) در محدوده قابل ملاحظه 450-470 نانومتر گزارش شد [34]. (شکل 1). جذب SPR در طبیعت، وابسته به ابعاد و شکل ذرات تشکیل شده و ذرات بین آنها بسیار حساس بود.

این اندازه‌گیری‌ها بر روی یک دستگاه Perkin-Elmer Spectrum-One در حالت Reflecting Dispersion با وضوح 4 سانتی‌متر در پلیت KBr انجام شد. برای مقایسه، یک قطره عصاره میوه 8٪ با پودر KBr مخلوط شده و پس از خشک کردن به خوبی در پلت قرار داده شد تا در شناسایی طیف سنجی FT-IR قرار بگیرند.

3- بحث و نتیجه گیری

3-1 مطالعات طیفی UV-vis

طول موج‌های نور طیف سنج UV-vis در محدوده 800-300 نانومتر به‌طور کلی برای تشخیص نانوذرات فلزی

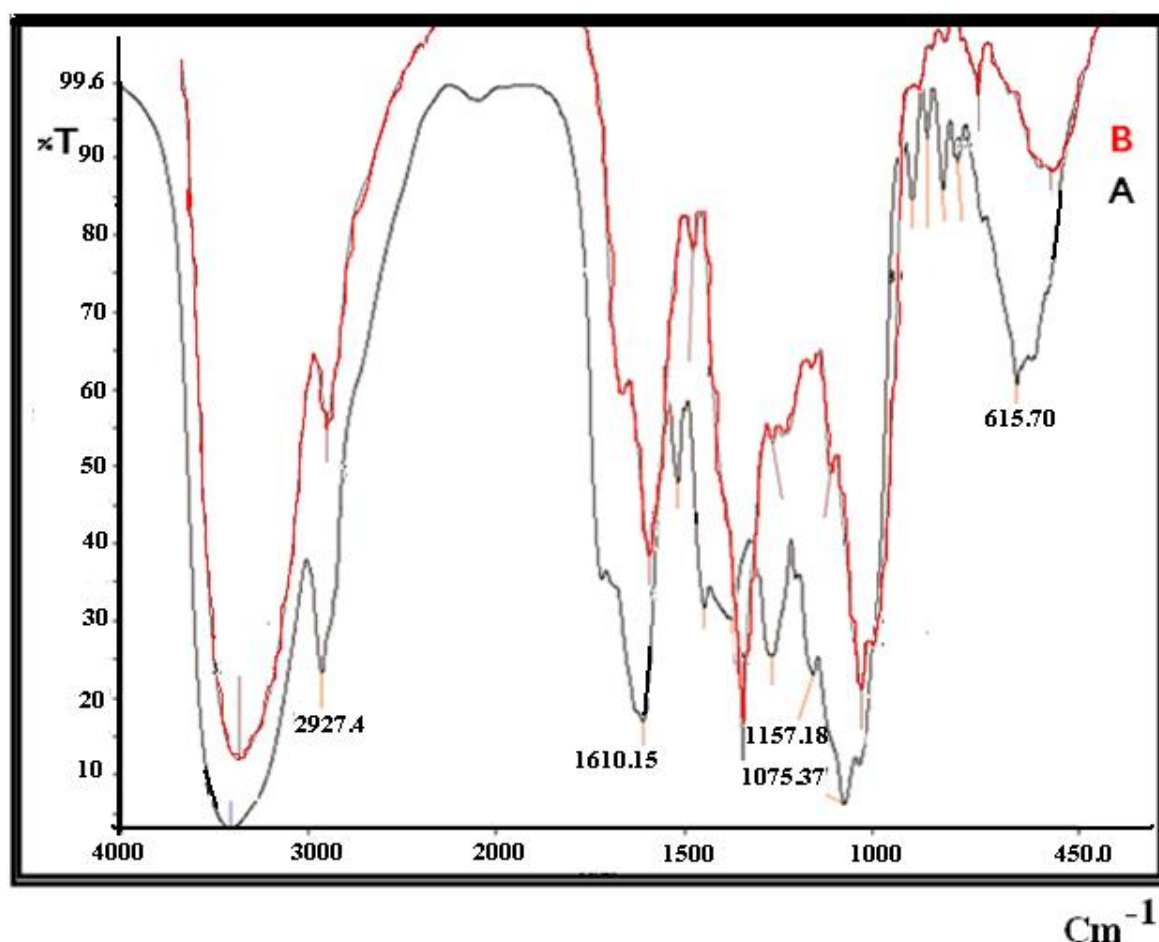


شکل 1- طیف UV-vis از یک محلول آبی عصاره میوه *Psidium guajava* (PG) در حضور یون های Ag^+ در 30 درجه سانتی گراد. شرایط واکنش: $[\text{Ag}^+] = 10.0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$.

زیست مولکول‌های احتمالی که مسئول کاهش، محدود کردن و ثبات کارایی نانوذرات Ag هستند، انجام شد (شکل 2).

3-2 مطالعات FTIR

برای تعیین ویژگی عصاره و نانوذرات سنتز شده از آنالیز FTIR استفاده شد. اندازه‌گیری‌های FTIR برای شناسایی



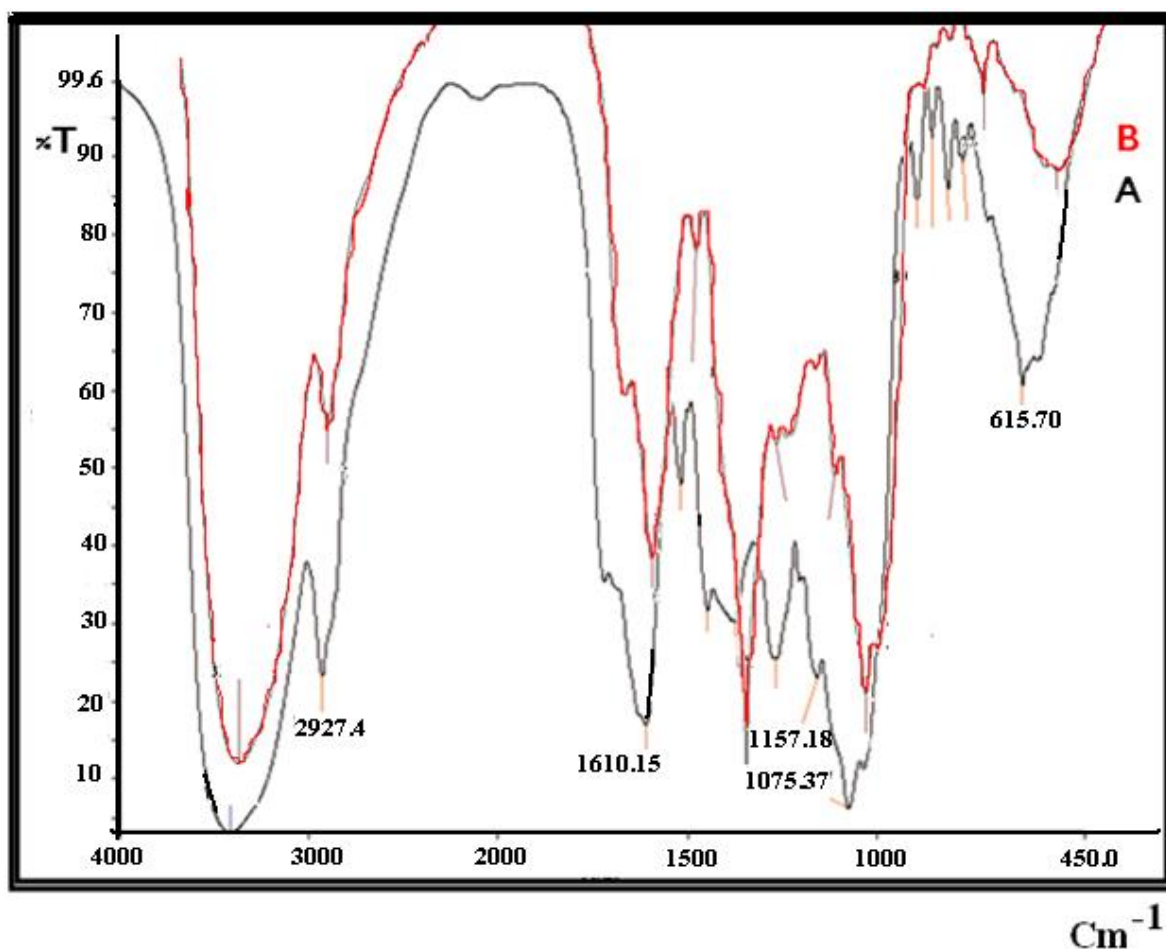
شکل 2- طیف FTIR پودر میوه *Psidium guajava* (PG) قبل (A) و بعد از واکنش (B).

میوه عصاره گواوا غنی از پروتئین‌هایی است که دارای اسیدهای آمینه می‌باشد [35]. طیف FTIR عصاره کنترل (PG) و نانوذرات نقره تثبیت شده در شکل 2 نشان داده شده است. دیده می‌شود که در مقایسه با عصاره کنترل (PG)، نانوذرات تثبیت کننده تغییرات قابل توجهی در طیف‌های ارتعاشی خود دارند. اثر متقابل نانوذرات نقره با زیست مولکول‌های (PG) نشان داد که تغییرات نسبی و شدت پراکندگی در طول موج‌های $1515, 1629, 2935 \text{ cm}^{-1}$ ، $1384, 1307, 1156, 1076$ و در FT-IR (شکل 2 (A و B) ثبت شده برای پودر خشک (PG)، جایی که باندهای قوی در $1702, 1622, 1446 \text{ cm}^{-1}$ مشاهده شد. در مقایسه با هر دو طیف FT-IR می‌توان مشخص کرد که تغییرات در

گروه COOH - برای OH -، یعنی گروه هیدروکسی، پیک در مواد خام در 3421 cm^{-1} ظاهر شد، اما پس از کپسوله‌سازی نانوذرات، پیک باریک‌تر و تغییر یافته است به 3391 cm^{-1} و همچنین برای $\text{C} - \text{C}$ - گروه کربوکسیلیک، شدت پیک پس از کپسول کردن نانوذرات کاهش پیدا می‌کند. گروهی که در 1384 cm^{-1} مطابق با کشش آمین گروه C-N بودند و در عصاره خام پیک گسترده و ترکیب شد. اما پس از کپسول‌سازی نانوذرات، پیک باریک و واضح تر بود. این بدین معنی است که گروه COOH - در ترکیب به نانوذرات طلا متصل شده و در تغییرات واضح در طیف‌ها وجود دارد. 1702 cm^{-1} در $\text{C} - \text{C}$ - باند کشش پس از کپسوله‌سازی این کشش پنهان شده یا ناپدید شد [8, 37-39]. در شکل 2B.

فلزی را ایجاد می‌کنند (به معنی پوشش دادن نانوذرات نقره) جهت جلوگیری از تجمع و در نتیجه پایدارشدن در محیط است. مقایسه بین طیف‌های دو نمونه، بدون نانو ذرات نقره و حاوی Ag-NPs، تنها تغییرات جزئی در موقعیت‌ها و همچنین اندازه نوارهای جذبی نشان می‌دهد؛ اعداد موج معمولاً در حدود $10-1 \pm$ سانتی متر است.

دو پیک IR از آمید در یک نقطه مرکزی در 1629 cm^{-1} به یکدیگر متصل شد. این تغییرات ساختاری نشان داد که کاهش و تثبیت نانوذرات نقره از طریق هماهنگی بین N گروه آمید و یون‌های نقره‌ای ادامه پیدا می‌کند. مطالعات FTIR این واقعیت را ثابت کرده است که پروتئین‌های گروه آمید توانایی قویتری برای اتصال به فلز دارند و نشان می‌دهند که پروتئین‌ها احتمالاً یک لایه پوشش بر روی نانوذرات

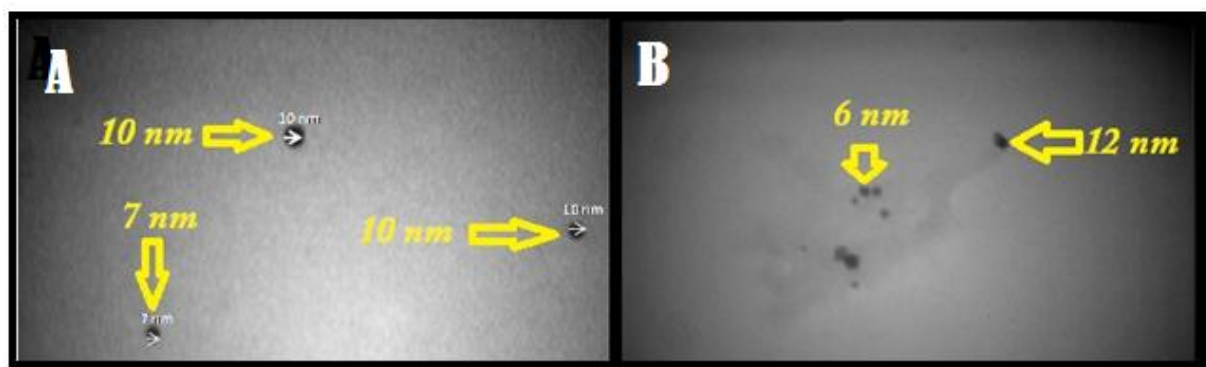


شکل 2 - طیف FTIR پودر میوه گواوا قبل (A) و بعد از واکنش (B).

که ساختار این ذرات کروی شکل بوده و در بعضی موارد شکل نانوصفحه دارند که نشان می‌دهد که از سطح تماس بالایی برخوردار هستند. بیشتر نانوذرات تشکیل شده در ابعاد 6 تا 15 نانومتر بودند که میانگین ابعاد آنها 12 نانومتر بودند. ذرات در این ساختار به صورت تک لایه وجود دارند [40-42].

3-3 میکروسکوپ TEM

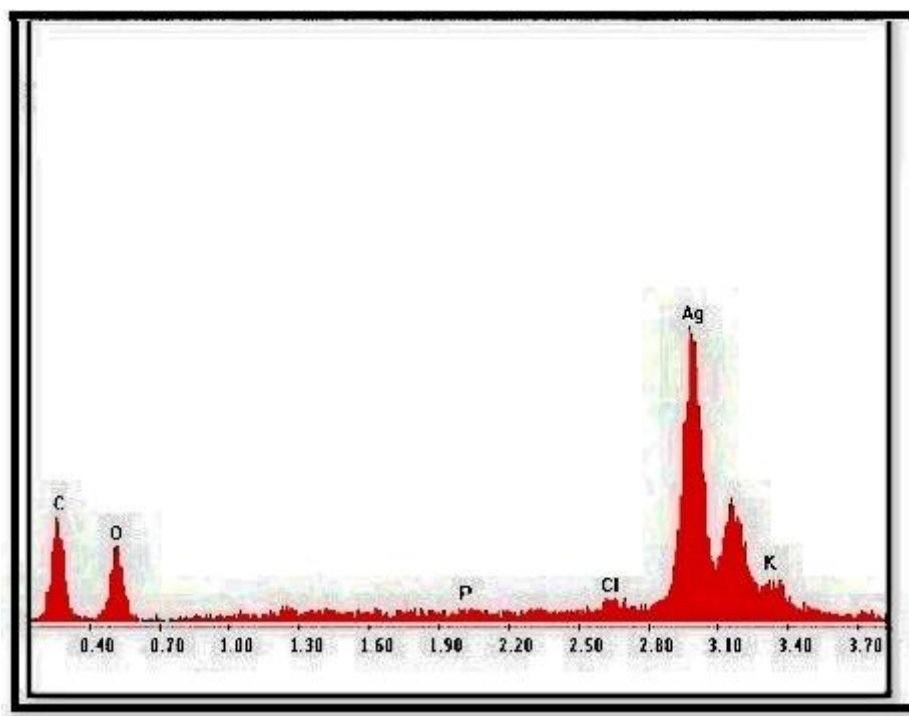
ریخت شناسی و اندازه نانوذرات نقره سنتز شده توسط تصاویر TEM تعیین شده و در شکل 3 (A و B) نشان داده شده است.



شکل 3 - تصاویر TEM که حضور نانوذرات کروی نقره ثبت شده در بزرگنمایی های مختلف را نشان می دهد (A و B).

شده و سیگنال های ضعیف تر برای اتم های کربن، اکسیژن، پتاسیم و کلر اثبات شده از زیست مولکول های میوه گواوا بود (شکل 4).

3-4 طیف سنجی پراش انرژی اشعه ایکس EDAX در آنالیز طیف سنجی پراش انرژی اشعه ایکس EDAX، سیگنال های قوی از اتم های نقره در نانو ذرات مشاهده



شکل 4 - تصویر EDAX نشان دهنده حضور نانوذرات نقره و اجزای زیستی گواوا است.

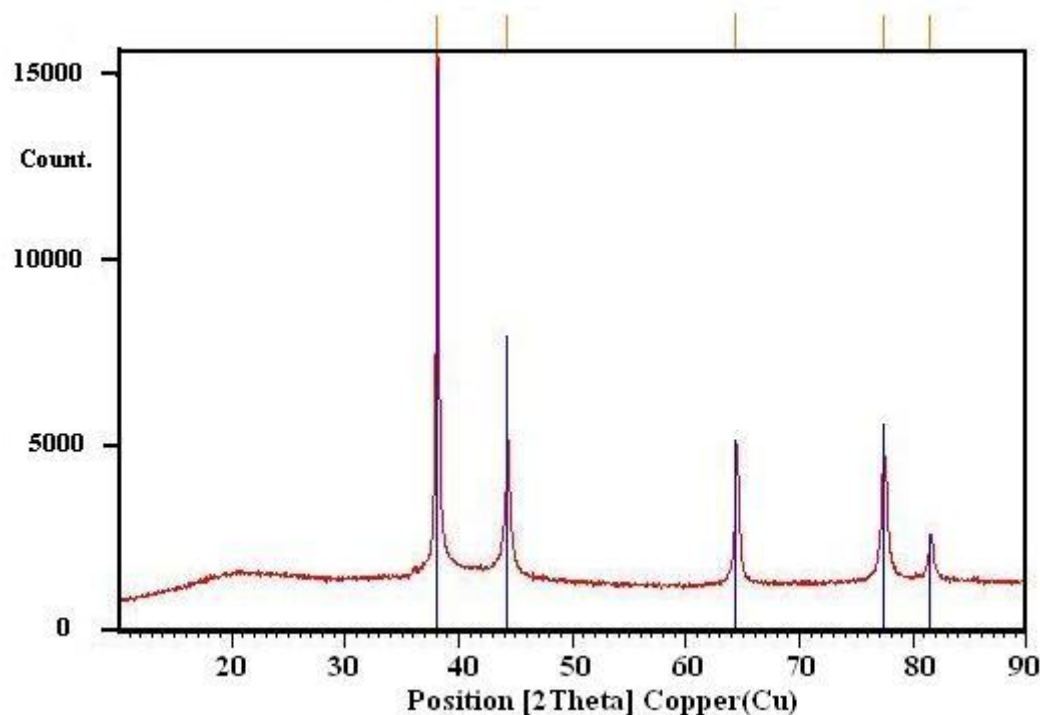
(311) می تواند به عنوان بازتاب ساختار فلزی CFC که مشابه استانداردهای پراکندگی پودر (JCPDS) به شماره: 0784 - 04 است و نشان می دهد که Ag-NPs های سنتز شده از نقره بلور خالص هستند. طیف XRD در

3-5 طیف - XRD

بررسی ماهیت بلوری Ag-NPs با استفاده از XRD انجام شد که در آن سه پیک در محدوده 30 تا 80 درجه مشاهده شد که با الگوی (1 1 1)، (0 0 2)، (0 2 2)

Ag-NPs ها با استفاده از معادله Debye-Scherrer که حدود 18 نانومتر بود، با نتایج TEM مطابقت داشت.

شکل (5) نشان می‌دهد که Ag-NPs های به‌دست آمده مشابه نتایج به دست آمده است [36، 43]. اندازه ذرات



شکل 5 - طیف XRD الگوی نانوذرات نقره به دست آمده با استفاده از *Psidium guajava* (PG).

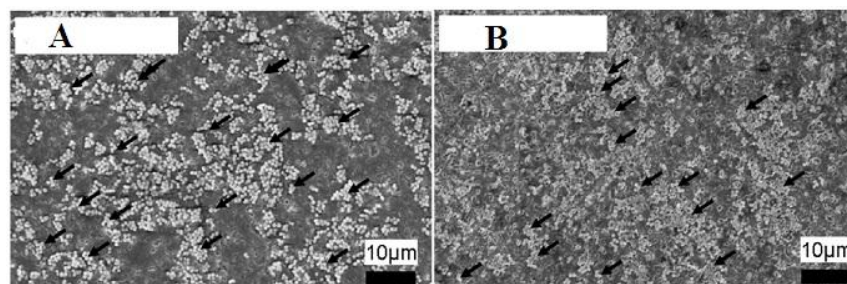
باکتری subunit ریبوزوم S30 واکنش بدهند. سه مکانیسم اصلی سازو کارهای‌های آمینوگلیکوزید مقاومتی درحال حاضر به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است: آنزیم‌های اصلاح آمینوگلیکوزید، جهش‌های ریبوزومی و خروجی فعال دارو از باکتری‌ها [44]. در تمام این شکل-ها، فلش‌های سیاه نشان دهنده تخریب *S.aureus* است. این نتایج هم خوانی دارد با گزارشی در مورد فعالیت ضد میکروبی نانوذرات نقره‌ای که با روش سنتز زیستی [45، 46] و همچنین آنهایی که با روش لحاظ شیمیایی ساخته شده‌اند [24، 25]. در این کار تحقیقاتی، نانوذرات به‌صورت سنتز شده نیز می‌توانند به عنوان عوامل ضد باکتری انتخابی مورد استفاده قرار گیرند. مهار توسط Ag-NPs در برابر اس. اورئوس مشاهده شد. طبق جدول 1.

3-6 فعالیت ضد باکتری نانوذرات نقره

با استفاده از این نانوذرات نقره سنتز شده با روش زیستی، خاصیت ضد باکتری آن را بررسی کردیم. این نانوذرات نقره جهت فعالیت ضد میکروبی نسبت به آزمایش سوء‌گونه‌های باکتریایی مورد آزمایش قرار گرفت. شکل 6 (A, B) نشان دهنده مناطق مهاری است که با *S. aureus* مشاهده شد. استافیلوکوکوس اورئوس یک باکتری گرم مثبت و دایره‌ای شکل است که از خانواده Firmicutes است. Ag-NPs مانند آنتی بیوتیک‌های (کانامین‌سین، جنتامایسین، استرپتومایسین و غیره)، زمانی عمل می‌کنند که باعث مهار باکتری استافیلوکوکوس اورئوس از طریق فعالیت آمینوگلیکوزیدها شود. این زمانی اتفاق می‌افتد که پروتئین‌های آمینی یا هیدروکسیل با ریبوزوم‌های RNA از

نتایج نشان می‌دهد که Ag-NPs سنتز شده با استفاده از عصاره آبی میوه گواوا به عنوان عامل ضد باکتری، مؤثرتر از مطالعات برخی از پژوهشگران می‌باشد [28].

25. [13].



شکل 6- تصاویر SEM نشان دهنده کاهش کلونی‌زاسیون ز در عصاره / Ag-Nps (B) در مقایسه با عصاره (A)، فلش باکتری را نشان می‌دهد.

جدول 1- مقایسه دو کار تحقیقاتی در خصوص غلظت مهار کنندگی اس، اورئوس مربوط عصاره / Ag-Nps.

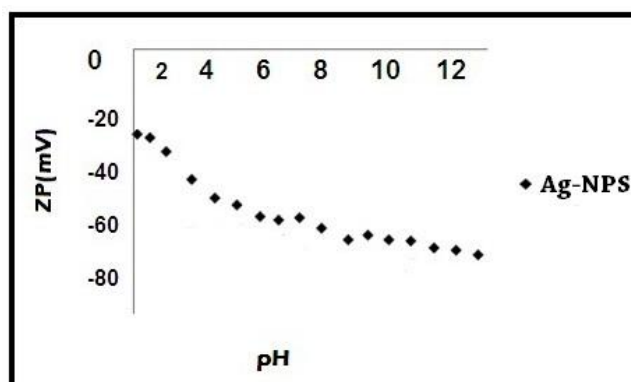
استافیلوکوک اورئوس در مقاله سوندی و همکاران [13]	0/05 میکروگرم/میلی لیتر
استافیلوکوک اورئوس در این مقاله	0/01 میکروگرم/میلی لیتر

قرارگرفت (شکل 7). می‌توان اشاره کرد که سنتز Ag-NPs در محدوده وسیع تر pH از 7 تا 11 پایدار است. با افزایش pH، مقدار پتانسیل زتا Ag-NPs از (-21/7 - به 64/3 mV) افزایش پیدا می‌کند. قابل توجه است که Ag-NPs در محدوده pH از 7 تا 11 (مقدار ZP متغیر از 56/9 - به -64/0 mV) محاسبه شد که با توجه به شرایط در pH= 11 پایدارتر بود. عصاره میوه حاوی Ag-NPs سنتز شده دارای مقادیر بالایی از پتانسیل زتا هستند و در نتیجه آنها در یک pH وسیع و پایدار هستند.

حداقل غلظت مهارکننده عصاره در باکتری استافیلوکوک اورئوس غلظت 0/01 میکرو گرم در میلی لیتر بوده است. که در مقایسه با کار تحقیقاتی سوندی و همکاران [13]، حفاظت مؤثرتری در برابر باکتری‌ها فراهم می‌کند.

3-7 پایداری سنتز Ag-NPs

پایداری Ag-NPs های زیست سنتز شده با زتا پتانسیومتر در pH مختلف پس از سنتز نانوذرات فلزی مورد بررسی



شکل 7 - پتانسیل زتا در pH مختلف.

4- نتیجه گیری

در نتیجه، سنتز بر پایه عصاره گیاهی می‌تواند نانو ذرات با ابعاد و ریخت شناسی کنترل شده‌ای را فراهم کند. در این سنتز عصاره گواوا (PG) به عنوان عامل کاهنده عمل می‌کند. مشاهده شد که واکنش سریع و طی 35 دقیقه در دمای اتاق تکمیل می‌شود. ما یک رویکرد شیمیایی سازگار با محیط زیست، سریع و شیمی سبز جهت سنتز Ag-NPs با استفاده از عصاره گواوا نشان دادیم که یک راه ساده، مقرون به صرفه و کارآمد برای سنتز Ag-NPs را فراهم می‌کند. این مطالعه روش جدیدی برای سنتز Ag-NPs با خاصیت ضد میکروبی و با استفاده از محصولات زیستی است که می‌تواند در کاربردهای مختلف پزشکی استفاده شود. بنابراین، سنتز Ag-NPs می‌تواند پتانسیل بالاتری برای استفاده و کاربرد در حوزه‌های زیستی داشته باشند. نتایج نشان می‌دهد که عصاره گواوا یک منبع غیرشیمیایی و غیرسمی برای سنتز Ag-NPs در مقایسه با روش‌های معمول شیمیایی / فیزیکی است.

5- سپاسگزاری

با سپاس از حمایت‌های حوزه پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن که در این پروژه تحقیقاتی ما را یاری کردند.

6- منابع

- [6] S.S. Shankar, A. Rai, A. Ahmad, M.Sastry, J.Colloid Interface Sci. 275 (2004) 496.
- [7] N. Duran, P.D. Marcato, G.I.H. De Souza, O.L. Alves, E. Esposito, J. Biomed. Nanotechnol. 3 (2009) 1.
- [8] J. Xie, J.Y. Lee, D.I.C. Wang, Y.P. Ting, Small 3 (2007) 672.
- [9] Y. Zhou, W. Chen, H. Itoh, K. Naka, Q. Ni, H. Yamane, Y. Chujo, Chem. Commun. (2001) 2518.
- [10] X. Zhai, S. Efrima, J. Phys. Chem. 100 (1996) 10235.
- [11] M.A. El-Sayed, Acc. Chem. Res. 34 (2001) 257.
- [12] A. Šileikaite, I. Prosyčėvas, J. Puišo, A. Juraitis, A. Guobiene, Mater. Sci. 12 (2006) 287.
- [13] I. Soni, B. Salopek-Soni, J. Colloid Interf. Sci. 275 (2004) 177.
- [14] G.A. Sotiriou, S.E. Pratsinis, Sci. Technol. 44 (2010) 5649.
- [15] J. Huang, G. Zhan, B. Zheng, D. Sun, F. Lu, Y. Lin, H. Chen, Z. Zheng, Y. Zheng, Q. Li, Ind. Eng. Chem. Res. 50 (2011) 9095.
- [16] L. He, S. Gao, H. Wu, X. Liao, Q. He, B. Shi, Mater. Sci. Eng. C 32 (2012) 1050.
- [17] S. Kaviya, J. Santhanalakshmi, B. Viswanathan, J. Muthumary, K. Srinivasan, Spectrochim. Acta Part A 79 (2011) 594.
- [18] E.K. Elumalai, T.N.V.K.V. Prasad, J. Hemachandran, S.V. Therasa, T. Thirumalai, E. David, J. Pharm. Sci. Res. 2 (2010) 549.
- [19] M. Safaepour, A.R. Shahverdi, H.R. Shahverdi, M.R. Khorramizadeh, A.R. Gohari, J. Med. Biotechnol. 1 (2009) 111.
- [20] K. Kalishwaralal, V. Deepak, S.R.K. Pandian, M. Kottaisamy, S.B. Manikanth, B. Kartikeyan, S. Gurunathan, Colloid. Surface. B 77 (2010) 257.
- [21] M.N. Nadagouda, G. Hoag, J. Collins, R.S. Varma, Cryst. Growth Des. 9 (2009) 4979.
- [22] M. A. S. Sadjadi, Babak Sadeghi, M. Meskinfam, K. Zare, J. Azizian, Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 40 (2008) 3183.
- [23] Babak Sadeghi, M. A. S. Sadjadi, R. A. R. Vahdati, Superlattices and Microstructures 46 (2009) 858.

- [1] Y. Sun, B. Mayers, T. Herricks, Y. Xia, Nano Lett. 3 (2003) 955.
- [2] H. Srikanth, R. Hajndl, C. Chirinos, J. Sanders, Applied Physics Letters 79 (2001) 3503.
- [3] M Valle-Orta, D Díaz, P Santiago, E Reguera, A Vázquez-Olmos, Journal of Physical Chemistry 2008 (B 112) 14427.
- [4] L. Guo, Q. Huang, X. Li, S. Yang, Phys. Chem. Chem. Phys. 3 (2001) 1661.
- [5] A. Alqudami and S. Annapoorni, Plasmonics 2, 7 (2007) 5.

- [35] X. Wang, G.J. Bunkers, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 279 (2000) 669.
- [36] K. Badri Narayanan, N. Sakthivel, *Mater. Lett.* 62 (2008) 4588.
- [37] S. He, Y. Zhang, Z. Guo, N. Gu, *Biotechnol. Prog.* 24 (2008) 476.
- [38] D.S. Sheny, Daizy Philip, Joseph Mathew, *Spectrochim. Acta A* 91 (2012) 35.
- [39] S. Basavaraja, S.D. Balaji, A. Lagashetty, A.H. Rajasab, A. Venkataraman, *Mater. Res. Bull.* 43 (2008) 1164.
- [40] A.Kumar Mittal, Y.Chisti, U.Chand Banerjee, *Biotechnology Advances* 31 (2013) 346.
- [41] A.S. Eppler, G. Rupprechter, E.A. Anderson, G.A. Somorjai, *J. Phys. Chem. B* 104 (2000) 7286.
- [42] S. S. Shankar, A. Rai, A. Ahmad, M. Sastry, *J. Colloid Interface Sci.* 275 (2004) 496.
- [43] K. Badri Narayanan, N. Sakthivel, *Mater. Lett.* 62 (2008) 4588.
- [44] A. P. Carter, W. M. Clemons, D. E. Brodersen, R. J. Morgan-Warren, B. T. Wimberly, V. Ramakrishnan, Functional insights from the structure of the 30S ribosomal subunit and its interactions with antibiotics. 407 (2000) 340-348.
- [45] K. Chaloupka, Y. Malam, A. M. Seifalian, *Trends Biotechnol.* 28 (2010) 580.
- [46] S. Iravani, Green synthesis of metal nanoparticles using plants, *Green Chem.*, 13 (2011) 2638-2650.
- [24] Babak Sadeghi, M. Jamali, Sh. Kia, A. Amini Nia, S. Ghafari, *Int. J. Nano Dimens.* 1 (2010) 119.
- [25] Babak Sadeghi, Farshid S. Garmaroudi, M. Hashemi, H.R. Nezhad, A. Nasrollahi, Sima Ardalan, Sahar Ardalan, *Advanced Powder Technology* 23 (2012) 22.
- [26] Babak Sadeghi, A. Pourahmad, *Advanced Powder Technology* 22 (2012) 669.
- [27] Babak Sadeghi, Sh. Ghammamy, Z. Gholipour, M. Ghorchibeigy, A. Amini Nia, *Mic & Nano Letters* 6 (2011) 209.
- [28] Babak Sadeghi, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 118 (2014) 787.
- [29] Babak Sadeghi, M. Meskinfam, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 97 (2012) 326.
- [30] B. Umesh, J. Vishwas, A. Bapat, *Industrial Crops and Products* 46 (2013) 132.
- [31] Q.L. Feng, J. Wu, G.Q. Chen, F.Z. Cui, T.N. Kim, J.O. Kim, *J. Biomed. Mater. Res.* 52 (2000) 662.
- [32] A. Melaiye, Z. Sun, K. Hindi, A. Milsted, D. Ely, D.H. Reneker, C.A. Tessier, W.J. Youngs, *J. Am. Chem. Soc.* 127 (2005) 2285.
- [33] W.K. Son, J.H. Youk, T.S. Lee, W.H. Park, *Macromol. Rapid Commun.* 25 (2004) 1632.
- [34] M. Sastry, K.S. Mayyaa, K. Bandyopadhyay, *Colloids Surf. A* 127 (1997) 221.

Biological synthesis of silver nanoparticles using the aqueous extract of *Psidium guajava* (PG) and its antibacterial activity

Babak Sadeghi¹, Bita Koupaei²

1- PhD Department of Chemistry, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, IRAN. - - -

bsadeghi1177@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0933-5782

- M.S. Islamic Azad University, Tonekabon Branch - - - b.koupaei@yahoo.com2

Received: 2019/1/21

Accepted: 2020/12/13

Abstract:

In the present work, we describe the synthesis of silver nanoparticles (Ag-NPs) using seed aqueous extract of *Psidium guajava* (PG) and its antibacterial activity. UV-visible spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infra red spectroscopy (FTIR), transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray energy dispersive spectrophotometer (EDAX) were performed to ascertain the formation of Ag-NPs. It was observed that the growths of Ag-NPs are stopped within 35 min of reaction time. The synthesized Ag-NPs were characterized by a peak at 446 nm in the UV-visible spectrum. XRD confirmed the crystalline nature of the nanoparticles of 10-20 nm size. The XRD peaks at 38°, 44°, 64° and 77° can be indexed to the (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0) and (3 1 1) Bragg's reflections of cubic structure of metallic silver, respectively. The FTIR result clearly showed that the extracts containing OH as a functional group act in capping the nanoparticles synthesis. Antibacterial activities of Ag-NPs were tested against the growth of Gram-positive (*S. aureus*) using SEM. The inhibition was observed in the Ag-NPs against *S. aureus*. The results suggest that the synthesized Ag-NPs act as an effective antibacterial agent. It is confirmed that Ag-NPs are capable of rendering high antibacterial efficacy and hence has a great potential in the preparation of used drugs against bacterial diseases. The results confirmed that the (PG) is a very good eco friendly and nontoxic source for the synthesis of Ag-NPs as compared to the conventional chemical/physical methods.

Keywords: Silver nanoparticles, Green chemistry, Scanning electron microscopy (SEM), *Psidium guajava* (PG), Antibacterial.