مجله ایمنی زیستی
دوره ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
ISSN 2716-9804 الکترونیکی، ISSN 2717-0632 چاپی

سنتز سبز نانوذرات جهت استفاده به‌عنوان ماده ضدباکتریایی

آتشه سلیمانی گرگانی*[۱] ، ریحانه البرز[۲]

۱- دانشیار، گروه پژوهشی علوم و فناوری چاپ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران
۲- کارشناسی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه فنی و مهندسی بوئین زهرا، قزوین، ایران
asoleimani@icrc.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۴، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۱۶
صفحه ۴۴-۲۳

چکیده

در دنیای امروز، محققان نیاز به تولید نانو ذرات سازگار با محیط زیست با استفاده از روش‌های‌سنتز، بدون بکارگیری مواد شیمیایی سمی و خطرناک دارند. آلودگی‌های محیط‌زیستی مانند آلودگی‌های شیمیایی و فیزیکی می‌تواند در اثر انواع فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی که برای تولید نانوذرات استفاده می‌شود، ایجاد شود. بنابراین، پژوهشگران تلاش‌های بسیاری برای سنتز نانومواد توسط فرآیند سازگار با محیط زیست با استفاده از آنزیم‌ها، موجودات زنده میکروسکوپی و عصاره‌های گیاهی انجام داده‌اند. درسال های اخیر، در کنار استفاده از مهندسی ژنتیک و تولید گیاهان تراریخته مقاوم به آفات، سنتز نانوفلزها با استفاده از عصاره‌های گیاهی به‌دلیل کم خطر بودن آن بر محیط‌زیست و ایمنی‌زیستی بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. عصاره‌های گیاهی حاوی مواد احیاکننده هستند که وقتی نمک‌های فلزی در معرض آن قرارمی‌گیرند، باعث کاهش آن‌ها به یون‌های فلزی می‌شوند. همچنین سنتز نانوذرات با استفاده از عصاره‌های گیاهی روشی ساده، ارزان و سازگار با محیط زیست است. در مقاله مروری حاضر، روش‌های مختلف سنتز سبز و سازگار با محیط زیست، با استفاده از عصاره‌های گیاهی مختلف در جهت تولید نانوذرات ضدباکتریایی فلزی نقره، طلا، مس و آهن مرور و بحث شده است.

واژه‌های کلیدی: سنتزسبز، نانوذرات، عصاره‌های گیاهی، ضدباکتریایی، ایمنی‌زیستی.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

۱- مقدمه

امروزه تمایل به تولید و استفاده از مواد با ابعاد نانومتری رایج شده است. روش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیاری برای سنتز نانومواد وجود دارد. اما با توجه به خسارت‌هایی که این روش‌ها به محیط زیست وارد می‌کنند و اهمیت ایمنی‌زیستی، نیاز مبرم به فناوری نانو سبز وجود دارد. به‌طور دقیق‌تر، فناوری نانو سبز می‌تواند برای به حداقل‌رساندن ملاحظات زیست‌محیطی مرتبط با ساخت و استفاده از مواد و محصولات مبتنی بر نانو ایجاد شود (۱). یکی از ابعاد این بحث استفاده از موجودات زنده میکروسکوپی در فناوری نانو است که می‌توانند مشکلات مربوط به سنتز نانوذرات و تثبیت آن‌ها در شرایط ملایم را همزمان حل کنند. در بین موجودات زنده میکروسکوپی باکتری‌ها به دلیل سهولت کار و امکان دست‌ورزی ژنتیکی بیشتر از سایر موجودات مورد توجه قرار گرفته‌اند (۲).

از دیگر ابعاد این بحث استفاده از آنزیم‌ها در فناوری نانو است. برخی از آنزیم‌ها کاتالیست‌های‌زیستی با اندازه نانومتری هستند و در حال حاضر در زمینه‌های جدیدی از جمله سنتز شیمیایی خالص، حذف زیستی آلاینده‌ها و داروسازی کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند؛ اما طول عمر کوتاه آنزیم‌ها استفاده از آن‌ها را محدود کرده است (۳). استفاده از گیاهان به‌عنوان منبع پایدار و در دسترس برای تهیه نانوذرات زیست‌سازگار، بسیار مورد توجه قرار گرفته است که از مزیت‌های این روش می توان به ارزانی، غیرسمی بودن و تولید نانوذرات با خلوص بالا اشاره کرد (۴).

همچنین نانوذراتی که به این شیوه تولید می‌شوند از لحاظ توزیع اندازه ذرات و پایداری نسبت به سایر روش‌ها یکنواخت‌تر هستند (۵). استفاده از عصاره گیاه (برگ، گل، پوست، دانه و غیره) مزیت های بیشماری دارد. از جمله گیاهانی که تاکنون برای سنتز انواع نانوذرات استفاده شده‌اند عبارتند از: عصاره گیاه یونجه، آلوئه‌ورا، برگ گیاه شیکاکی، گیاه بهارنارنج، گیاه مرزنجوش، شاه‌تره، اکالیپتوس، پونه و غیره که در ادامه به بررسی تعدادی از آن‌ها در سنتز سبز نانوذرات نقره، طلا، مس و آهن می‌پردازیم.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

۲- نانوذرات

ذراتی که ابعاد آن‌ها در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند، نانو ذرات می نامند. برخی از نانوذرات می‌توانند به‌عنوان ماده ضدباکتریایی استفاده شوند (۶). همچنین دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، الکتریکی، مکانیکی، مغناطیسی، حرارتی، نوری و زیستی منحصر به فردی هستند. کاهش ابعاد نانوذرات تأثیر قابل‌توجهی در خصوصیات فیزیکی دارد. در پزشکی از نانوذرات در تجزیه و تحلیل زیستی و به‌عنوان حسگرهای‌زیستی استفاده می‌شود. با توجه به مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی نشان داده شده است که می‌توان از نانوذرات در اصلاح آلاینده‌های آلی موجود در محیط استفاده کرد (۱).

طی چند دهه گذشته، ذرات نانو به دلیل خواص شیمیایی، فیزیکی و زیستی متمایز مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند. همچنین در اشکال مختلفی از جمله کروی، مثلثی، مکعبی، میله ای و بیضی شکل که از مواد مختلف مانند طلا، نقره، آهن، اکسید روی، اکسید مس و غیره ساخته شده اند، وجود دارند. اندازه نانوذرات به ماهیت محیط مانند دما، pH ، نوع ماده احیاءکننده و تثبیت‌کننده مورد استفاده بستگی دارد. به‌طور طبیعی، با استفاده از یک روش شیمیایی، ماده شیمیایی مربوطه ممکن است به‌عنوان یک عامل تثبیت‌کننده عمل کند (۷). نانوذرات با اندازه‌های مختلف با توجه به میزان سطح‌مساحت‌شان دارای رنگ‌های متفاوتی هستند. طلا و نقره شناخته‌شده‌ترین نمونه‌های این مواد هستند (۸).

نانوذرات به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند: نانوذرات آلی و معدنی. نانوذرات آلی در ساختار خود کربن دارند در حالی‌که نانوذرات معدنی، فاقد عنصر کربن هستند. نانوذرات مغناطیسی آهن، نانوذرات فلز نجیب (پلاتین، طلا و نقره)، نانوذرات نیمه هادی (دی‌اکسید تیتانیوم و اکسیدروی)، نانوذرات فلزی (مس و آهن) و نانو ذرات اکسیدفلزی به‌عنوان نانوذرات معدنی گروه‌بندی می‌شوند (۹). نانوذرات تولیدشده توسط گیاهان باثبات‌تر و سرعت سنتزشان سریع‌تر است (۱۰) و به نانوذرات سبز معروف هستند.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

۲-۱- نانوذرات فلزی

نانوذرات فلزی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی از جمله خواص نوری، فعالیت کاتالیزوری، خواص الکترونی، خواص ضدباکتری و مغناطیسی را دارا هستند. به همین دلیل مورد مطالعه فراوان قرار می‌گیرند. نانوذرات فلزی و اکسید فلزی تهیه شده به روش سبز، سازگاری بالایی با محیط‌زیست دارند و فاقد مواد سمی مانند هیدراتین، اتیل گیلکول و غیره هستند و برای سلامتی انسان وسایر موجودات زنده خطری ندارند (۱۱). اندازه ذرات نیز یکی از خواص مواد است که در حوزه‌های مختلف علمی و صنعتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بحث اندازه ذرات در حوزه فناوری نانو بسیار پراهمیت است. در حقیقت می‌توان گفت که تعیین اندازه ذرات و در برخی موارد تعیین توزیع اندازه ذرات یکی از مهم‌ترین آزمون‌هایی است که در حوزه فناوری نانو، روی مواد و نمونه‌های آزمایشی انجام می‌شود. امروزه ابزارهایی وجود دارد که امکان تعیین اندازه و توزیع اندازه ذرات با استفاده از آن‌ها امکان‌پذیر است که عبارتند از: تجزیه و تحلیل پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، روش پراکندگی دینامیکی نور (DLS)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و تجزیه و تحلیل انرژی پراکندگی اشعه ایکس (EDX). گسترش روزافزون ابزارهای جدید جهت تعیین مشخصات مواد، ساخت و فناوری آن‌ها برای پیشرفت در علم و فناوری نانو، بسیار پراهمیت است.

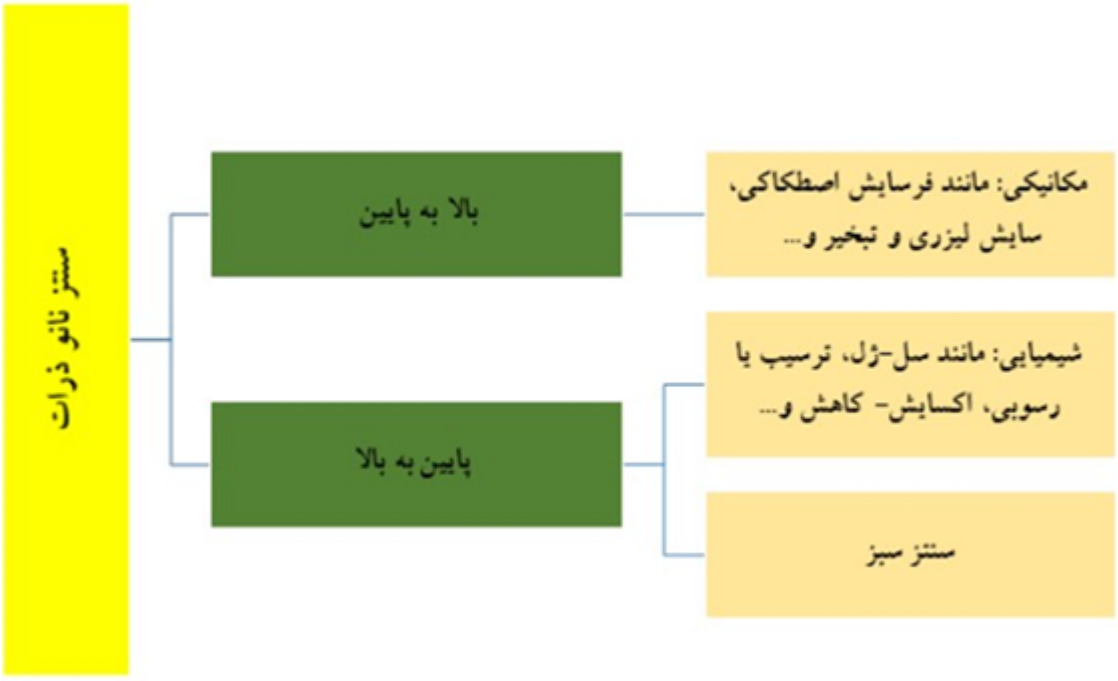
۳- انواع روش‌های سنتز

تحولات گذشته نقش حیاتی موجودات زنده میکروسکپی و سیستم‌های بیولوژیکی در تولید نانوذرات فلزی را نشان می‌دهد. در شکل ۱ برخی از روش‌های مهم تولیدی که در سنتز نانوذرات مورد استفاده قرار می‌گیرند، آورده شده است (۱۲). شیوه پایین به بالا روشی است که در آن ساختار نهایی اتم به اتم و مولکول به مولکول جمع می‌شود. ویژگی مهم این روش این است که منجر به تولید نانوذراتی بدون نقص ساختاری و به همراه ترکیبات شیمیایی می‌شود. روش‌های بالا به پایین این‌گونه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

آغاز می‌شوند که مواد حجیم و بزرگ توسط روش‌های شیمیایی و مکانیکی از لحاظ اندازه کاهش می‌یابند. عیب اساسی این روش اغلب در ساختار به دست آمده است. نقص‌های سطحی تأثیر قابل‌توجهی بر روی خواص فیزیکی و رفتار شیمیایی در سطح دارند (۱۳).



شکل ۱- روش‌های مختلف سنتز نانوذرات (۱۲).

۳-۱- روش‌های شیمیایی

این روش به‌طور معمول روش پایین به بالا است. روش‌های شیمیایی در حجم بالا به‌طور نسبی گران هستند اما به‌طور معمول انجام آن‌ها آسان است. با این وجود عیب‌ها آن‌ها از جمله مصرف مواد شیمیایی سمی، آلودگی احتمالی از مواد اولیه و همچنین تشکیل محصولات جانبی خطرناک است (۱۴ ، ۱۵).

۱۰احیا شیمیایی

به‌طور کلی به روش شیمیایی که از طریق احیا نمک‌های فلزات در حضور یک پایدارکننده که یک پلیمر و یا فعال سطح است، روش احیای شیمیایی می‌گویند.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

واکنش‌های احیای‌شیمیایی با وجود سهولت دارای عیب‌هایی نیز هستند. مهم‌ترینشان زمان واکنش است که به‌طور معمول بسیار طولانی است. نانوذرات نقره و مس که به دلیل رسانایی بالا، قیمت مناسب و سمی نبودن از مهم‌ترین نانومواد شناخته می‌شوند، با این روش نیز تهیه می‌شوند. عامل احیا، دما، هم زدن و غلظت از جمله عوامل مؤثر در تهیه نانوذرات مس و نقره با این روش هستند (۲۱-۱۶).

- **روش سل-ژل**

فرآیند سل-ژل یک روش شیمیایی‌تر برای سنتز انواع نانوساختارها به ویژه نانوذرات اکسید فلزی است. این روش، روش ارزانی است و به دلیل دمای پایین واکنش می‌توان کنترل مناسبی بر ترکیب شیمیایی محصول داشت (۲۵-۲۲).

- **روش هیدروترمال**

به‌طور کلی در این روش ابتدا واکنش‌دهنده‌ها در حلال مناسب حل می‌شوند. سپس محلول مواد اولیه درون اتوکلاو ریخته شده و اصطلاحا مهر و موم می‌شود. سپس اتوکلاو حاوی محلول واکنش‌دهنده‌ها، تا دمای مناسب حرارت‌دهی می‌شود. پس از گذشت زمان کافی برای انجام واکنش شیمیایی درون اتوکلاو، حرارت‌دهی متوقف شده، محصولات از درون آن بیرون آماده و در صورت نیاز برای خشک یا کلسینه شدن حرارت‌دهی می‌شوند (۲۶).

۳-۲- روش‌های فیزیکی

در این روش ذرات ماده خرد و کوچک‌شده و به ابعاد نانومتری تبدیل می‌شوند. این روش نمونه بارز روش بالا به پایین است و شامل مواردی چون فرسایش اصطکاکی، سایش لیزری و تبخیر است (۲۷).

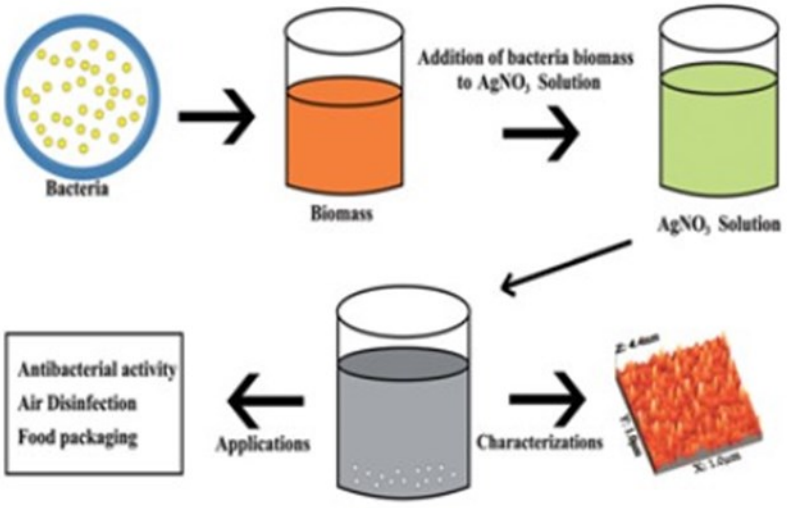
۳-۳- روش سنتز سبز

سنتز سبز باعث پیشرفت در روش فیزیکی و شیمیایی می‌شود زیرا مقرون به صرفه و با محیط‌زیست‌سازگار است و در بیشتر مواقع، در این روش نیازی به استفاده از فشار بالا، دمای بالا، انرژی و مواد شیمیایی سمی نیست (۶). مزیت‌های روش‌های سبز مانند هزینه کمتر، سرعت بیشتر، مقیاس بالای تولید، و عدم تهدید محیط‌زیست

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

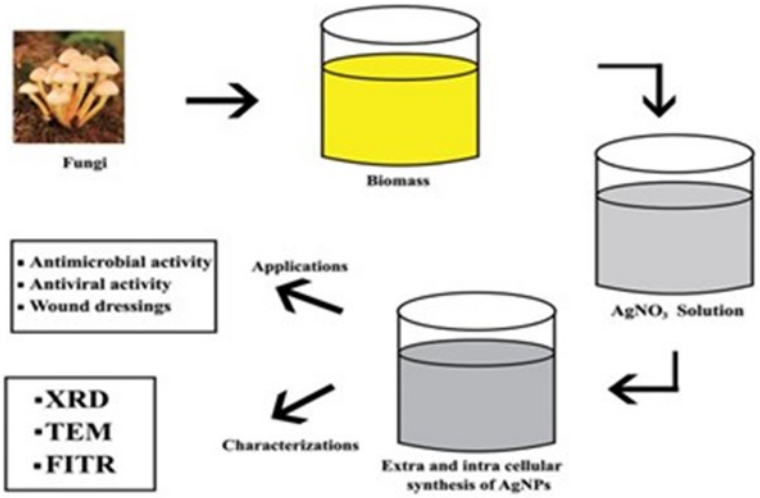
باعث شده که در حال حاضر توجه بیشتری به تولید نانوذرات با این روش نسبت به دو روش دیگر شود. تاکنون پتانسیل تولید نانوذرات مختلف به روش زیستی و با استفاده از باکتری‌ها (شکل ۲)، قارچ‌ها (شکل ۳) (۲۸) و گیاهان در پژوهش‌ها گوناگونی به اثبات رسیده است (۲۹). در گیاهان، عصاره‌ها شایع‌ترین مواد برای تولید نانوذرات هستند. این عصاره‌ها به‌طور معمول از طریق خیساندن مواد تازه یا خشک‌شده گیاهی در آب سرد یا آب در حال جوشیدن حاصل می‌شوند (۳۰). شکل ۴ تهیه عصاره برگ گونه‌های مختلف گیاهی و تولید نانوذرات در اشکال مختلف توسط عصاره‌های گیاهی را نشان می‌دهد (۳۱). لازم به ذکر است که در سنتز سبز، ممکن است جهش ژنتیکی در میکروارگانیسم‌ها سبب تغییراتی در خواص بیولوژیکی آن‌ها و در نتیجه امکان ایجاد شرایط یکسان و تکرارپذیر محدود شود. از طرف دیگر برخی از این میکروارگانیسم‌ها ممکن است سبب بیماری‌زایی در انسان و یا سایر موجودات زنده شود و استفاده از آنها مستلزم شرایط کنترل‌شده با در نظرگرفتن مسائل ایمنی‌زیستی مربوطه است.



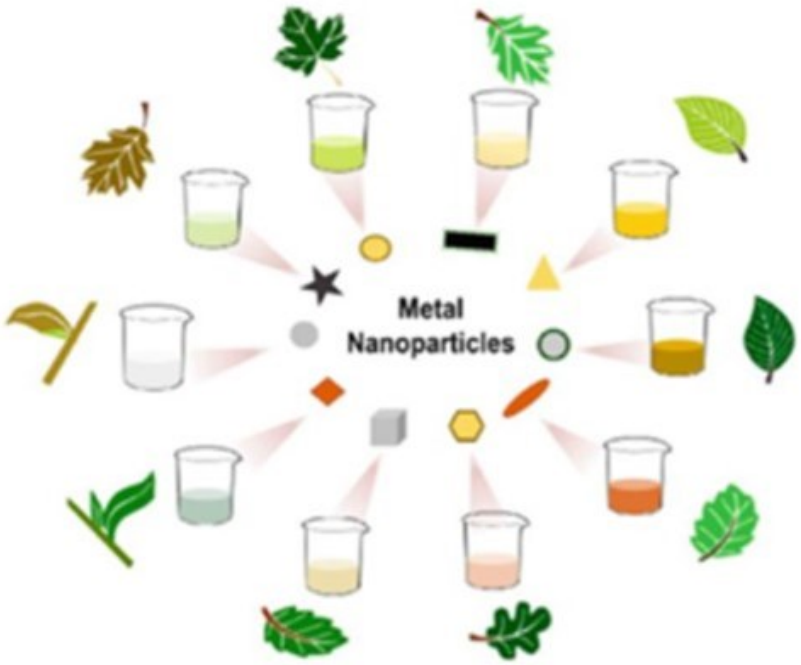
شکل ۲- شماتیک سنتز نانوذرات نقره با استفاده از باکتری‌ها (۲۸).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]



شکل ۳- شماتیک سنتز نانوذرات نقره با استفاده از قارچ‌ها (۲۸).



شکل ۴- سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره برگ گیاهان مختلف (۳۱).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

۳-۴- مقایسه روش‌های سنتزنانوذرات

برخی از روش‌های شیمیایی سنتز نانوذرات دارای عیب‌هایی از جمله عدم پایداری محلول، یکسان نبودن اندازه ذرات، ناخالص بودن نانوذرات، باقی گذاشتن مقداری از واکنشگرهای سمی و همچنین هزینه زیاد هستند ونیازمند به تجهیزات پیشرفته برای تولید هستند. در نتیجه نیاز زیادی به روش‌های زیست‌محیطی کم هزینه و غیرسمی برای تولید نانوذرات فلزی با عملکرد بالا وجود دارد. ازاین‌رو، رویکرد زیستی برای سنتز نانو ذرات مهم است (۲۷). سنتز نانوذرات با استفاده از موجودات زنده میکروسکوپی و گیاهان می‌تواند به رفع این مشکلات کمک کند. روش‌های سنتز سبز به دنبال استفاده از واکنش‌دهنده‌های سازگار با محیط‌زیست است. از جمله مزیت استفاده از گیاهان در سنتز نانوذرات می‌توان استفاده آسان، امنیت‌زیستی و دارا بودن تنوع وسیعی از متابولیت‌ها که در عمل کاهش یون دخیل هستند را، نام برد (۳۲).

۴- نانوذرات نقره

امروزه نقره فلزی به شکل ذراتی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر به وجود آمده است که آن‌ها را نانوذرات نقره می‌نامند. نانوذرات نقره مواد مهمی هستند که به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این نانو مواد دارای خواص الکتریکی، نوری و زیستی بی‌نظیری هستند و از این‌رو در کاتالیزورها، حسگرهای زیستی، تصویربرداری و دارو کاربرد دارند. به دلیل فعالیت ضدمیکروبی قوی، از نانوذرات نقره در لباس‌ها و مواد آرایشی نیز استفاده می‌شود (۱).

طبق بررسی‌های انجام گرفته ۵۶٪ از حجم نانوذرات جهان به نانوذرات نقره اختصاص یافته است. شایان ذکر است که به کارگیری نانوذرات نقره تحت تأثیر نوع کاربرد، ویژگی‌های ذرات (شکل، اندازه، غلظت و ترکیب شیمیایی) و سیستم زنده درگیر (گیاه، جانور، انسان و موجودات زنده میکروسکوپی) است (۳۳). نسبت سطح به حجم بالا در نانوذرات نقره باعث افزایش تماس آن‌ها با موجودات زنده میکروسکوپی و باعث انحلال یون‌های نقره می‌شود. توانایی نانوذرات نقره در آزادسازی یون‌های نقره کلید فعالیت ضدمیکروبی آن‌ها است. در یک مطالعه، از عصاره گیاه مرزنجوش اروپایی به‌عنوان عامل

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

کاهنده برای تولید زیستی نانوذرات نقره استفاده شد که نانوذرات حاصله برای تعیین اندازه، خواص ساختاری، خواص اپتیکی، مورفولوژی و ریخت‌شناسی به ترتیب با دستگاه‌های پراش اشعه ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی میدان گسیلی و میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار گرفتند و فعالیت ضدمیکروبی آن بر علیه باکتری‌های استاندارد مانند اشرشیا کلی و غیره بررسی شد. تشکیل نانوذرات زیستی نقره در محدوده ۴۰۰ الی ۴۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر نشان داده شد و شکل ذرات کروی و اندازه متوسط آن‌ها در حدود ۷۰-۳۰ نانومتر بود. همچنین دارای فعالیت ضدمیکروبی بر علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بودند (۳۴). در مطالعه دیگری سنتز سبز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی گیاه شاه‌تره بررسی شد که نانوذرات نقره سنتزشده بیشترین جذب را در ۴۳۰ نانومتر نشان دادند و دارای شکل کروی و میانگین اندازه آن‌ها بین ۵۰-۱۰ نانومتر بود (۳۵). برخی گیاهان توانایی بسیار خوبی برای تولید ذرات نانو دارند. از عصاره برگ جوز هندی برای تولید نانوذرات نقره استفاده شده است. ترکیبات پلی‌ال و هتروسیکلیک موجود در برگ این گیاه مسئول احیاء یون‌های نقره و پایداری نانوذرات تولیدشده هستند (۳۶).

در یک مطالعه دیگر، سنتز سبز نانوذرات نقره با استفاده از *اکالیپتوس کامالدولنسیس* بررسی شد و نتایج پژوهش نشان داد که حداکثر میزان جذب در ۴۱۳ نانومتر و میزان اندازه نانوذرات بین ۸۰-۶۷ نانومتر بود و همچنان انجام مطالعات بیشتری برای اثر سمیت این ذرات ضروری به نظر می‌رسد (۳۷). علاوه‌بر این نانوذرات نقره کروی (۵۰-۴۰ نانومتر) با استفاده از عصاره برگ فرفیون تولید شد (۳۸). همچنین سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره برگ چای (۳۹)، عصاره گیاه آلوئه‌ورا (۴۰)، عصاره پوست دارچین (۴۱)، ریشه گیاه شیرین‌بیان (۴۲)، کافور (۴۳)، آفتابگردان، برنج، نیشکر، ذرت (۴۴) انجام شده است. بر طبق گزارش سان و همکاران نانوذرات نقره با قطر ۵ تا ۲۰ نانومتر و قطر متوسط ۱۰ نانومتر، بازدارنده تکثیر ویروس HIV-1 هستند (۴۵).

همچنین گزارش شده است که نانوذرات نقره (قطر ۵ تا ۳۲ نانومتر، قطر متوسط ۲۲/۵

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

نانومتر) فعالیت ضدباکتریایی آنتی‌بیوتیک‌های مختلف را افزایش می‌دهند (۴۶). پژوهشگران به سمت نانوذرات به‌خصوص نانوذرات نقره حرکت می‌کنند تا مشکل بیماری‌زاهای در حال ظهور از جمله باکتری‌های مقاوم در برابر چند دارو را حل کنند. علاوه‌بر این، توانایی ادغام نانوذرات نقره در سیستم‌های زیستی، بیشترین اثر را در زیست‌شناسی و زیست‌پزشکی دارد. به‌طورکلی، نانوذرات نقره خواص ضدباکتریایی خوبی را که ناشی از سطح بزرگ آن نسبت به حجم است را فراهم می‌کند، که باعث ایجاد تماس مطلوب با سلول‌های باکتریایی می‌شود (۲۷).

۵- نانوذرات طلا

نانوذرات طلا دارای خواص نوری منحصر به فردی هستند. همچنین دارای نسبت سطح به حجم بالا بوده و به واسطه برقراری پیوندهای مناسب دارای خواص زیست‌سازگارپذیری خوبی هستند. این خواص نانوذرات با تغییر در اندازه، شکل و محیط شیمیایی اطراف آن‌ها به آسانی تنظیم می‌شود (۴۷). نانوذرات طلا دارای پایداری شیمیایی بالا و مقاومت خوب در برابر اکسیداسیون بوده و می‌تواند در تشخیص بیماری، اهداف درمانی و حمل دارو بکار روند (۴۸). بیوسنتز نانوذرات طلا با استفاده از عصاره گیاهی به دلیل عمل ضدباکتریایی قوی نانوذرات و کاهش نمک طلا که به آسانی انجام می‌شود، محبوبیت بالایی دارد. این فرآیند به دلیل سادگی و تک‌مرحله‌ای بودن، برای تولید نانوذرات در مقیاس وسیع مناسب است چراکه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه، سریع، دوستدار محیط‌زیست بوده و همچنین از نظر پژوهش‌های بالینی ایمنی لازم را دارا است. در مطالعه‌ای نانوذرات طلا با استفاده از چهار عصاره گیاه مختلف (به‌لیمو، گل شمعدانی و گل انار وحشی) آماده شدند و با استفاده از سه روش مختلف اندازه‌گیری شدند. تمام ذرات زیست‌سازگاری و پایداری خوبی برای بیش از سه هفته نشان دادند و نتیجه گرفته شد که از آن‌ها برای تصویربرداری و داروها در بدن انسان استفاده شود (۴۹).

بیوسنتز نانوذرات طلا توسط چندین گروه از دانشمندان با استفاده از گیاهان، قارچ‌ها و باکتری‌ها انجام شده است. در یک مقاله گزارشی از سنتز سبز نانوذرات طلا با استفاده از عسل به‌عنوان داروهای کاهش‌دهنده

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

گزارش شده است. شکل ذرات کروی و با اندازه ۱۵ نانومتر به دست آمد (۵۰). در مطالعه دیگری نانوذرات طلا با استفاده از گیاه بادام یا لوز هندی سنتز شدند که اندازه ذرات بین ۳۵-۱۰ نانومتر و شکل ذرات کروی بودند (۵۱). عصاره میوه گلابی می‌تواند به منظور بیوسنتز در دمای اتاق جهت تشکیل نانوذرات طلای مثلثی و شش ضلعی (۵۰۰-۲۰۰ نانومتر) استفاده شود. عصاره گلابی حاوی فیتوشیمیایی‌های اساسی متشکل از اسیدهای آلی، پپتیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه است (۵۲).

همچنین نانوذرات طلا در پروتئین سنجی (۵۳) نانوتکنولوژی سرطان (خصوصا تشخیص سلول‌های سرطانی) (۵۴) و الکتروفورز مویرگی (۵۵) به کار رفته است. مارشال و همکاران تجمع طلای فلزی به صورت نانوذرات را در گیاه خردل سیاه با اندازه ۵۰-۵ نانومتر گزارش داده اند (۳۱). رای و همکاران نشان دادند که به هنگام تشکیل نانوذرات طلا با استفاده از عصاره برگی علف لیمو در دماهای بالاتر، درصد نانوذرات طلای مثلثی شکل نسبت به نانوذرات کروی به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد در حالی‌که در دماهای پایین شاهد تشکیل نانوذرات مثلثی به میزان بیشتری هستیم (۵۶). همچنین افزایش سطوح دما به نانوذرات اجازه می‌دهد تا با سرعت بالاتری رشد کنند. سنتز نانوذرات طلا با استفاده از دو گیاه دارویی مهم گل ختمی سرخ و کدوی مسمایی یا طبی گزارش شده است که دارای خاصیت ضدباکتریایی قوی در مقابل بیماری‌زاهای ضایعات غذایی هستند (۵۷). بیوسنتز نانوذرات طلا با قطر ۱۰ نانومتر با استفاده از عصاره برگ زنجبیل نیز گزارش شده است (۵۸).

عصاره برگ ختمی از جنس بامیه و خانواده پنیرکیان به منظور سنتز نانوذرات طلا در ابعاد و اشکال مختلف با متوسط اندازه ۱۳ نانومتر مورد استفاده قرار گرفته است (۵۹). متوسط اندازه برای نانوذرات طلای سنتزشده از ضایعات انگور در محدوده ۲۰ تا ۲۵ نانومتر بوده که یک روش خوب برای استفاده از بقایای انگور است. مدیریت زباله نشان‌دهنده یک چالش مهم در صنایع مبتنی بر کشاورزی و مواد غذایی بوده و خواستار یک رویکرد یکپارچه در زمینه بازیافت، استفاده مجدد و بازیابی است (۶۰). سنتز نانوذرات طلا در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

دمای اتاق با استفاده از عصاره آبی میوه *Hovenia dulcis* و تولید نانوذرات کروی و شش ضلعی با ابعاد ۲۰ نانومتر همچنین گزارش شده است (۶۱). پسماندهای کشاورزی به‌طور معمول دور ریخته می‌شود. پوست موز یک مورد کلاسیک از این مواد طبیعی به وفور در دسترس است که به‌طور معمول دور ریخته می‌شود. نانوذرات طلا با اندازه متوسط ۳۰۰ نانومتر با استفاده از عصاره پوست موز سنتز شده و با روش‌های مختلف مورد تأیید قرار گرفتند (۶۲).

۶- نانوذرات مس

مس، بعد از نقره دومین فلزی است که هدایت الکتریکی و حرارتی آن زیاد است. در میان ذرات مختلف، ذرات مس به دلیل داشتن خواص نوری، الکتریکی، ضدخوردگی، کاتالیزوری و ارزان بودن در مقایسه با طلا و نقره بیشتر از ذرات دیگر مورد توجه قرار گرفته‌اند. نانوذرات مس نیز همانند نانوذرات فلزی دیگر دارای فعالیت ضدمیکروبی قابل‌توجهی است (۶۳).

مواد ضدباکتریایی بر پایه نقره گرچه فعالیت ضدمیکروبی بالا و سمیّت پایینی از خود نشان می‌دهند ولی در برابر قارچ‌ها زیاد موثر نیستند. به این منظور نانوذرات مس به علت قیمت کمتر و توانایی ضدقارچی خوب و پایداری مناسب می‌تواند موثر واقع شود. امروزه از نانوذرات مس در فاضلاب‌های بیمارستانی برای از بین‌بردن میکروارگانیسم‌های عفونی استفاده می‌شود. همچنین دارای کاربردهای پزشکی از جمله در تصویربرداری‌ها مانند MRI هستند. قابل توجه است که نانوذرات مس و نقره دارای خصوصیات و کاربردهای مشابه هستند (۶۴).

این ماده با توجه به توانایی هادی و نیمه‌هادی‌بودن در صنایع الکتریک و الکترونیک کاربردهای متنوعی دارد. و به‌عنوان کاتالیزور در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، صنایع شیشه، مواد مکمل غذایی، کاشی، سرامیک و احتراق سوخت موشک استفاده می‌شود. نانوذرات مس را نیز به روش‌های مختلفی مانند روش شیمیایی، تجزیه حرارتی و سنتز سبز می‌توان تهیه کرد. لازم به ذکر است روش سنتز با استفاده از عصاره‌های گیاهان به دلیل مزیت‌هایی مانند سادگی، صرفه‌جویی در زمان واکنش، حذف شرایط سخت (درجه حرارت بالا و فشار) و

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

مقرون‌به صرفه بودن آن نسبت به سایر روش‌ها مطلوب است. ردی پرساد و همکاران فعالیت ضدسرطانی و آنتی‌اکسیدانی نانوذرات مس بر روی سرطان پروستات را مورد بررسی قرار دادند. اندازه نانوذرات به دست آمده توسط تصاویر SEM 5/4 نانومتر بود که حاکی از عملکرد بالای این نانوذرات است (۶۵).

در تحقیقی سنتز سبز نانوذرات مس و رفتار تخریبی آن برای متیل قرمز با استفاده از عصاره‌های پوست دارابی مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر TEM نشان‌دهنده ماهیت کروی نانوذرات مس سنتزشده با قطر ۲۷-۲۲ نانومتر بود. داده‌های XRD نشان داد که متوسط اندازه کریستالیته این نانوذرات ۱۸ نانومتر است که هیچ عامل کاهش‌دهنده و تثبیت‌کننده خارجی در این روش یافت نشده و پوست عصاره دارابی به‌عنوان عامل کاهش و تثبیت‌کننده در سنتز نانوذرات مس سنتزشده عمل کرده است. همچنین نتایج این تحقیق کارایی فتوکاتالیستی نانوذرات مس سنتزشده برای تخریب رنگ متیل قرمز را ثابت کرده است. بنابراین نانوذرات مس سنتزشده می‌توانند برای تخریب سایر رنگ‌های خطرناک از پساب‌های صنعتی استفاده شوند (۶۶). سینگه و همکارانش از افزودن عصاره برگ گیاه دامدئی به محلول استات مس در دمای اتاق نانوذرات مس را تهیه کردند. اندازه متوسط ذرات ۵ نانومتر بود. از نانوذرات تهیه‌شده به‌عنوان کاتالیزور در فرآیند اکسیداسیون غیرآنزیمی با H_2O_2 در محیط آبی استفاده شد. نتایج نشان داد سرعت واکنش در غیاب کاتالیزور بسیار کند بود و در حضور آن باعث افزایش سرعت این واکنش می‌شد (۶۷). همچنین یوشا و همکاران نیز عصاره برگ گیاه تولاسی را به محلول نمک مس ($CuSO_4.5H_2O$) اضافه کردند و در دمای ۳۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت داخل انکوباتور قرار دادند. تغییر رنگ محلول از سبز روشن به تیره نشان دهنده تشکیل نانوذرات مس بود (۶۸).

۷- نانوذرات آهن

آهن و آلیاژهای آن از رایج‌ترین فلزات و مواد فرومغناطیس در کاربردهای روزمره هستند. آهن چهارمین عنصر از نظر فراوانی در پوسته زمین است و واکنش‌های مربوط به آهن نقش مهمی در چرخه طیف وسیعی از آلاینده‌ها در محیط‌زیست ایفا می‌کنند. از اوایل سال ۱۹۹۰

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

استفاده از نانوذرات آهن برای تصفیه آب‌های آلوده مورد توجه قرار گرفت. سنتز سبز نانوذرات آهن به‌عنوان روشی کارآمد، مقرون‌به صرفه و سازگار با محیط‌زیست جایگزین روش‌های فیزیکی و شیمیایی شده است (۶۹).

نانوذرات آهن صفر ظرفیتی نسبت به نانوذرات سایر ترکیبات آهن خواص میکروب‌کشی قوی‌تری از خود نشان داده‌اند (۷۰). نانوذرات آهن صفر ظرفیتی جزو اولین تولیدات تکنولوژی نانو در محیط‌زیست بوده و استفاده از آن به دلیل مساحت سطحی بالا و واکنش‌پذیری زیاد در عرصه‌های مختلف شامل الکترونیک، پزشکی، مهندسی محیط‌زیست و گندزدایی فاضلاب همواره مورد توجه بوده است (۷۱).

ماچادوو و همکاران از طریق روش سنتز سبز اقدام به تولید نانوذرات آهن صفر ظرفیتی با کمک عصاره چای سیاه، انگور و برگ درخت مو کردند و این جاذب را برای حذف ایبوپروفن از آب و خاک به کار گرفتند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نانوذرات صفر ظرفیتی تولید شده قادر به حذف ۵۴ تا ۶۶ درصد ایبوپروفن از آب بوده و با اصلاح نانوذرات مذکور تا ۹۵ درصد ایبوپروفن از خاک را برطرف کردند (۷۲).

همچنین علی و همکاران نیز نانوکامپوزیت آهن را با استفاده از عصاره چای سیاه تولید کردند و از آن برای حذف ایبوپروفن از آب بهره گرفتند. این جاذب توانایی حذف ۹۲ درصد ایبوپروفن از آب را دارا بود (۷۳). در مطالعه‌ای اقدام به ساخت نانوذرات آهن با عصاره چای اولانگ شد و از آن برای حذف مالاشیت سبز از آب به کار گرفته شد. این نانوذرات قادر به حذف حدود ۷۵/۵ درصد از مالاشیت سبز بودند (۶۹).

علاوه‌بر این‌ها، در جدول ۱ نمونه‌های مهم سنتز سبز نانوذرات طلا، نقره، مس و آهن با استفاده از گیاهان خلاصه شده است و برخی از ویژگی‌های مهم نانوذرات از جمله اندازه و مورفولوژی ذکر شده است.

جدول ۱- نمونه‌های مهم سنتز سبز نانوذرات طلا، نقره، مس و آهن.

منابع	مورفولوژی	اندازه (nm)	نانوذرات	منشأ گیاهی
(۷۳)	کروی، منشوری	۲۰	نقره و طلا	عصاره برگ چای سیاه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

(۷۴)	کروی ،شبه کره	<۵۰	نقره	گل انار
(۷۵)	کروی، مثلثی	۳۹	نقره	اپین استخراج شده از برگ حنا (Apiin extracted from henna leaves)
(۷۶)	شبه کروی	۷/۵-۶۵	طلا	اپین استخراج شده از برگ حنا (Apiin extracted from henna leaves)
(۷۷)	کروی	۲۰-۹۰	نقره	عصاره برگ‌های چای
(۷۸)	-	۳۰-۴۰	نقره	میوه انگور (*Vitis vinifera*)
(۷۹)	کروی	۲۲	نقره	توت هندی (*Morinda citrifolia*)
(۸۰)	میله شکل	۵-۲۰	طلا	جو دوسر ((*Avena sativa* (oat))
(۸۱)	-	۰/۵	نقره	برگ‌های آکالیفا هندی (*Acalypha indica*)
(۸۲)	مثلثی، دایره ای، شش ضلعی	۲۰-۵۰	نقره	برگ‌های میم سایلون (*Memecylon edule*)
(۸۳)	کروی، بیضوی	۱۲	نقره	عصاره آناناس
(۸۴)	کروی	۵	مس	عصاره چای
(۸۵)	-	۴۰-۴۵	مس	میوه جمبو (Syzygium)
(۸۶)	کروی	۵-۳۵	نقره	گیاه چریش (*Azadirachata indica*)
(۸۷)	کروی	۵-۱۵	آهن	چای سبز
(۸۸)	مکعبی	۴۰-۶۰	آهن	اکالیپتوس
(۸۹)	کروی	۱۰-۳۰	آهن	انار، توت، گیلاس
(۹۰)	مکعبی	۴۸	مس	گیاه چریش
(۹۱)	-	۵۶-۵۹	مس	میوه درخت انار

۸- نتیجه‌گیری

از روش‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی در تولید نانوذرات فلزی استفاده شده است. بیشتر این روش‌ها هنوز در حال توسعه هستند. با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده مشخص شد که نانوذرات فلزی تولید شده با استفاده از گیاهان ممکن است عملکرد بهتری را از خود نشان دهند. گیاهان (به ویژه عصاره‌های گیاهی) قادرند یون‌های فلزی را سریع‌تر از قارچ‌ها یا باکتری‌ها کاهش دهند. علاوه‌بر این، به‌منظور استفاده از یک روش سبز، آسان و ایمن در مقیاس و تولید صنعتی نانوذرات فلزی، عصاره‌های گیاهی بهتر از زیست‌توده‌های گیاهی یا گیاهان زنده هستند. خواص ضدباکتریایی نانوذرات نقره و طلا و مس حاصل از سنتز با استفاده از گیاهان کارایی بسزایی را در پزشکی به‌ویژه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

سیستم‌های کنترل ضدمیکروبی خواهند داشت. ولی در مقایسه با نقره و مس، طلا اثر ضدمیکروبی ضعیف‌تری از خود نشان داد. همچنین فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات آهن کمترین است. طلا به خاطر کاربردهای نوری و الکتریکی، از لحاظ تکنولوژی و صنعتی بسیار حائز اهمیت است. این پژوهش‌های زیست‌محیطی تا حدودی با محیط زیست سازگار هستند، که موجب ایجاد بستری رو به رشد در فن‌آوری‌های نوین در ایران شود. همچنین دانشمندان نانوبیوتکنولوژی بر این باورند که کاربرد نانوذرات در هزاره سوم بسیار گسترده خواهد بود.

فهرست منابع References

1. Rai M. and Posten C. (2013). Green biosynthesis of nanoparticles (mechanisms and applications). ISBN-13: 978 1 78064 223 9. CAB International, UK. 1-248.

2. Rezaei Sowme'eh L. and Ghadam P. (2017). Iran Nanotechnology Innovation Council. https://paper.nano.ir/1/4246.

3. Sambamurthy K. and Kar A. (2006). Pharmaceutical biotechnology. ISBN: 81-224-1783-3. First edition. New Age Int. Pub. India. 1-456.

4. Mandal D., Bolander M.E., Mukhopadhyay D., Sarkar G. and Mukherjee P. (2006). The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. Appl. Microbiol. Biotechnol. 69(5): 485-92.

5. Chanathaworn J., Bunyakan C., Wiyaratn W. and Chungsiriporn J. (2012). Photocatalytic decolorization of basic dye by TiO2 nanoparticle in photoreactor. Songklanakarin J. Sci. Technol. 34 (2): 203-210.

6. Mishra V., Sharma R., Jasuja N.D. and Gupta D.K. (2014). A review on green synthesis of nanoparticles and evaluation of antimicrobial. J. Green Herb. Chem. 3 (1): 081-094.

7. Elgorban AM., Al-rahmah A.N., Rushdy S., Hirad A., Abdel-fattah Mostafa A. and Hassan A. (2016). Antimicrobial activity and green synthesis of silver nanoparticles using trichoderma virid. Biotechnology and Biotechnological Equipment 30 (2): 299-304.

8. Kreibig U. and Vollmer M. (2013). Optical properties of metal clusters. Springer Science and Business Media. ISBN:978-3-662-09109-8. First edition. 25: 1-535.

9. Asmathunisha N. and Kathiresan K. (2013). A review on biosynthesis of nanoparticles by marine organisms. Colloids Surf. B.103: 283–287.

10. Iravani S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. Green Chem.10: 2638–2650.

11. Padil V. and Černík M. (2013). Green synthesis of copper oxide nanoparticles using gum karaya as a biotemplate and their antibacterial application. Int. J. Nanomedicine. 8: 889.

12. Ahmed S., Ahmad M., Swami BL. and Ikram S. (2016). A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobia applications: A green expertise. J. Adv. Res. 7(1): 17–28.

13. Simko M., Fiedeler U., Nentwich M. and Gazso A. (2011). Production of nanoparticles and nanomaterials. Nano trust dossier. 006: 1-4.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

14. Sayadi M.H., Siami M., Esmailpour M. and Hajiani M. (2017). The efficiency of biosynthesis silica nanoparticles at removal of heavy metals Cr and Cu from aqueous solutions. J. Birjand Univ. Med. Sci. 24 (1): 36–49.

15. Hussein M.A.M., Baños F.G.D., Grinholc M., Dena A.S.A., El-Sherbiny I.M. and Megahed M. (2020). Exploring the physicochemical and antimicrobial properties of gold-chitosan hybrid nanoparticles composed of varying chitosan amounts. Int. J. Biol. Macromol. 162: 1760–1769.

16. Min Zheng M., Wang Z. and Zhu Y. (2006). Preparation of silver nanoparticle via active template under ultrasonic. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. 16 (6): 1348-1352.

17. Guzmán M.G., Dille J. and Godet S. (2009). Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. Int J Chem Biomol Eng. 2(3): 104–111.

18. Majhi K.C. and Yadav M. (2020). Synthesis of inorganic nanomaterials using carbohydrates. In Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science: 109-135.

19. Yuan Q. and Golden T.D. (2020). A novel method for synthesis of clay/polymer stabilized silver nanoparticles. Surf. Interfaces. 20: 100620.

20. Jiang Z.J., Liu C.Y. and Liu Y. (2004) Formation of silver nanoparticles in an acid catalyzed silica colloidal solution, Appl. Surf. Sci. 233, 135-140.

21. Garcia P.R., Prymak O., Grasmik V., Pappert K., Wlysses W., Otubo L., Epple M. and Oliveira C.L. (2020). An in situ SAXS investigation of the formation of silver nanoparticles and bimetallic silver–gold nanoparticles in controlled wet-chemical reduction synthesis. Nanoscale Advances. 2(1): 225-238.

22. Niederberger M. and Pinna N. (2009). Metal oxide nanoparticles in organic solvents: synthesis, formation, assembly and application. Springer Science & Business Media. ISBN 978-1-84882-670-0. UK.

23. Khalil A.A.I, Abd El-Gawad A.S.H. and Gadallah A.S. (2020). Impact of silver dopants on structural, morphological, optical, and electrical properties of copper-zinc sulfide thin films prepared via sol-gel spin coating method. Opt. Mater. 109: 110250.

24. Abd El-Gawad A.H.M, Khalil A.A.I. and Gadallah A.S. (2020). Influence of preparation conditions on the properties of silver doped copper-zinc sulfide thin films prepared via sol-gel spin coating technique. Optik. 223: 165561.

25. Omer W.E., El-Kemary M.A., Elsaady M.M., Abou-Omar M.N., Youssef, A.O., Sayqal A.A., Gouda A.A. and Attia M.S. (2020). Highly efficient gold nano-flower optical biosensor doped in a sol–gel/PEG matrix for the determination of a calcitonin biomarker in different serum samples. ACS omega. 5(11): 5629-5637.

26. Shi W., Song S. and Zhang H. (2013). Hydrothermal synthetic strategies of inorganic semiconducting nanostructures. Chem. Soc. Rev. 42 (13): 5714–5743.

27. Farrokhi Z., Kanvisi M. and Ayati A. (2019). Silver nanoparticles: A survey on chemical and biological synthesis methods and their antibacterial behavior. Journal of Biosafety. 11 (2): 59-82.

28. Rafique M., Sadaf I., Rafique M.S. and Tahir M.B. (2017). A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications. Artif. cells, nanomedicine, Biotechnol. 45(7): 1272–1291.

29. Parikh R.Y., Singh S., Prasad B.LV., Patole M.S., Sastry M. and Shouche Y.S. (2008). Extracellular synthesis of crystalline silver nanoparticles and molecular evidence of silver resistance from *Morganella* sp.: towards understanding biochemical synthesis mechanism. ChemBioChem. 9(9): 1415–1422.

30. Sathyavathi R., Krishna M.B., Rao S.V., Saritha R. and Rao D.N. (2010). Biosynthesis of silver nanoparticles using *Coriandrum sativum* leaf extract and their application in nonlinear optics. Adv. Sci. Lett. 3 (2): 138–143.

31. Marshall A.T., Haverkamp R.G., Davies C.E., Parsons J.G., GardeaTorresdey J.L. and Agterveld D. (2007). Accumulation of gold nanoparticles in Brassic juncea. Int. J. Phytoremediation. 9(3): 197–206.

32. Rao C.P.K. and Trivedi C.D. (2006). Biphasic synthesis of fatty acids stabilized silver nanoparticles: Role of experimental conditions on particle size Mater. Chem. Phys. 99 (2–3): 354–360.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

33. Martirosyan A., Bazes A. and Schneider Y. (2014). In vitro toxicity assessment of silver nanoparticles in the presence of phenolic compounds–preventive agents against the harmful effect. Nanotoxicology. 8(5): 573–582.

34. Kavoosi S and Yaghoubi H. (2017). Synthesis of silver nanoparticles using green method of plant extract European marjoram (*origanum majorana*) and their antibacterial effects. Journal of Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology). 30 (2): 161-173.

35. Dousti B., Nabipour F. and Hajiamraei A. (2019). Green synthesis of silver nanoparticle by using the aqueous extract of *fumaria parviflora* and investigation of their antibacterial and antioxidant activities. Razi J Med Sci. 26 (6): 105-117.

36. Xiangqian L., Huizhong X., Zhe-Sheng C. and Guofang C. (2011). Biosynthesis of Nanoparticles by Microorganisms and Their Applications. J.Nanomater. 1-16

37. Dolatabadi S., Emrani S., Mehrafruz E. and Zhiani R. (2017). Green synthesis and antibacterial effect of silver nanoparticles using *Eucalyptus camaldulensis*. J Neyshabur Univ Med Sci. 5 (3): 74-85.

38. Elumalai E.K., Prasad T., Hemachandran J., Therasa S.V., Thirumalai T. and David E. (2010). Extracellular synthesis of silver nanoparticles using leaves of *Euphorbia hirta* and their antibacterial activities. J Pharm Sci Res. 2 (9): 549–554.

39. Ankamwar B., Damle C., Ahmad A. and Sastry M. (2005). Biosynthesis of gold and silver nanoparticles using *Emblica officinalis* fruit extract, their phase transfer and transmetallation in an organic solution. J. Nanosci. Nanotechnol. 5 (10): 1665–1671

40. Chandran S.P., Chaudhary M., Pasricha R., Ahmad A. and Sastry M. (2006). Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using Aloevera plant extract. Biotechnol. Prog. 22 (2): 577–583.

41. Roy N. and Barik A. (2010). Green synthesis of silver nanoparticles from the unexploited weed resources. Int. J. Nanotechnol. 4: 95.

42. Dinesh S., Karthikeyan S. and Arumugam P. (2012). Biosynthesis of silver nanoparticles from *Glycyrrhiza glabra* root extract. Arch Appl Sci Res. 4 (1): 178–187.

43. Jiale H., Li Q., Sun D., Lu Y., Su Y., Yang X., Wang H., Wang Y., Shao W. and Ning H. (2007). Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by novel sundried *Cinnamomum camphora* leaf. Nanotechnology 18 (10): 105104.

44. Leela A. and Vivekanandan M. (2008). Tapping the unexploited plant resources for the synthesis of silver nanoparticles. Afr. J. Biotechnol 7(17).

45. Wai-Yin R., Chen R., Chung N. and Chi-Ming H. (2005). Silver nanoparticles fabricated in hepes buffer exhibit cytoprotective activities toward HIV-1 infected cells. ChemComm (40): 5059–61.

46. Shahverdi A.R., Fakhimi A., Shahverdi H.R. and Minaian S. (2007). Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Nanomedicine Nanotechnology, Biol. Med. 3 (2): 168–171.

47. Saha K., Agasti S.S., Kim C., Li X. and Rotello V.M. (2012). Gold nanoparticles in chemical and biological sensing. Chem. Rev. 112 (5): 2739–2779.

48. Aliofkhazraei M. (2016). Handbook of nanoparticles. Springer Int. Publ., (1): 26–29.

49. Elia P., Zach R., Hazan S., Kolusheva S., Porat Z. and Zeiri Y. (2014). Green synthesis of gold nanoparticles Using Plant Extracts as Reducing Agents. Int. J. Nanomedicine 9: 4007.

50. Philip D. (2009). Honey mediated green synthesis of gold nanoparticles. Spectrochim. Acta Part a Mol. Biomol. Spectrosc. 73 (4): 650-653.

51. Ankamwar B. (2010). Biosynthesis of gold nanoparticles (green-gold) using leaf extract of *Terminalia catappa*. J. Chem. 7 (4): 1334–1339.

52. Ghodake G.S., Deshpande N.G., Lee Y.P. and Jin E. (2010). Pear fruit extract-assisted room-temperature biosynthesis of gold nanoplates.. Colloids Surf. B. 75 (2): 584–589.

53. Tang D., Yuan R. and Chai Y. (2007). Biochemical and immunochemical characterization of the antigen–antibody reaction on a non-toxic biomimetic interface immobilized red blood cells of crucian carp and gold nanoparticles. Biosens. Bioelectron. 22 (6): 1116–1120.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

54. Medley C.D., Smith J.E., Tang Z., Wu Y., Bamrungsap S. and Tan W. (2008). Gold nanoparticle-based colorimetric assay for the direct detection of cancerous cells. Anal. Chem. 80 (4): 1067–1072.

55. Tseng W., Huang M., Huang Y. and Chang H. (2005). Nanoparticle-filled capillary electrophoresis for the separation of long DNA molecules in the presence of hydrodynamic and electrokinetic forces. Electrophoresis. 26 (16): 3069–3075.

56. Rai A., Singh A., Ahmad A. and Sastry M. (2006). Role of halide ions and temperature on the morphology of biologically synthesized gold nanotriangles. Langmuir. 22 (2): 736–741.

57. Chandran K., Song S. and. Yun S. (2019). Effect of size and shape controlled biogenic synthesis of gold nanoparticles and their mode of interactions against food borne bacterial pathogens. Arab. J. Chem. 12 (8): 1994-2006.

58. Singh C., Sharma P., Naik P.K.R., Khandelwal V. and Singh H. (2011). A green biogenic approach for synthesis of gold and silver nanoparticles using *Zingiber officinale*. 6 (2): 535-542.

59. Philip D. (2010). Green synthesis of gold and silver nanoparticles using *Hibiscus rosa sinensis*. Phys. E Low-Dimensional Syst. Nanostructures. 42 (5): 1417–1424.

60. Krishnaswamy K., Vali H. and Orsat V. (2014). Value-adding to grape waste: Green synthesis of gold nanoparticles. J. Food Eng. 142: 210–220.

61. Basavegowda N., Idhayadhulla A. and Lee Y.R. (2014). Phyto-synthesis of gold nanoparticles using fruit extract of Hovenia dulcis and their biological activities. Ind. Crops Prod. 52. 745–751.

62. Bankar A., Joshi B., Kumar A.R. and Zinjarde S. (2010). Banana peel extract mediated synthesis of gold nanoparticles. Colloids Surf. B, 80 (1): 45–50.

63. Bhattacharyya S., Kudgus R.A., Bhattacharya R. and Mukherjee P. (2011). Inorganic nanoparticles in cancer therapy. Pharm. Res. 28 (2): 237–259.

64. Theivasanthi T. and Alagar M. (2010). X-ray diffraction studies of copper nanopowder. ArXiv Preprint ArXiv: 1003. 6068.

65. Reddy parsad E.B.N., kanchi P. and Naidoo S. (2016). In-vitro evaluation of copper nanoparticles cytotoxicity on prostate cancer cell lines and their antioxidant, sensing and catalytic activity: one-pot green approach. J. Photochem. Photobiol. B Biol. 375–832.

66. Sinha T. and Ahmaruzzaman M. (2015). Biogenic synthesis of Cu nanoprticles and its degradation behavior for methyl red. Mater. Lett., no. S0167-577X(15) 30163–4.

67. Singh H.P., Gupta N. and Sharma R.K. (2014). Ethnopharmacological Damdei plant extract assisted synthesis of copper nanoparticles and evaluation in nonenzymatic kinetics of o-dianisidine oxidation. J. Biomed. Ther. Sci. 1 (1): 34–40.

68. Usha S., Ramappa K.T., Hiregoudar S., Vasanthkumar G.D. and Aswathanarayana D.S. (2017). Biosynthesis and characterization of copper nanoparticles from tulasi (*Ocimum sanctum* L.) leaves," Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 6: 2219–2228.

69. Huang L., Weng X., Chen Z., Megharaj M. and Naidu R. (2014). Synthesis of iron based nanoparticles using oolong tea extract for the degradation of malachite green. Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 17: 801–804.

70. Boxall A.B.A., Tiede K. and Chaudhry Q. (2007). Engineered nanomaterials in soils and water: how do they behave and could they pose a risk to human health. Nanomedicine. 2(6): 919-27.

71. Barnes R.J., Gast C.J., Riba O., Lehtovirta L.E., Prosser J.I., Dobson. P.J and Thompson I.P. (2010). The Impact of zero-valent iron nanoparticles on a river water bacterial community. J. Hazard. Mater 184 (1–3): 73–80.

72. Machado S., Stawinski W., Slonina P., Pinto A.R., Grosso J.P., Nouws H.P.A., Albergaria J.T. and Delerue-Matos C Sci. Total Environ. 461-462: 323–329.

73. Ali I., AL-Othman Z.A. and Alwarthan A. (2016). Synthesis of composite iron nano adsorbent and removal of ibuprofen drug residue from water. J. Mol. Liq. 219. 858–864.

74. Begum N.A., Samiran M., Saswati B., Rajibul A. and Debabrata M. (2009). Biogenic synthesis of Au and Ag nanoparticles using aqueous solutions of black tea leaf extracts. Colloids and Surf. B. 71 (1): 113–18.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

75. Devanesan S., AlSalhi M.S., Balaji R.V., Ranjitsingh A.J.A., Ahamed A., Alfuraydi A.A., AlQahtani F.Y., Aleanizy FS. and Othman AH. (2018). Antimicrobial and cytotoxicity effects of synthesized silver nanoparticles from *Punica granatum* peel extract. Nanoscale Res. Lett. 13 (1): 315.

76. Kasthuri J., Veerapandian S. and Rajendiran N. (2009). Biological synthesis of silver and gold nanoparticles using apiin as reducing agent. Colloids and Surf. B. 68 (1): 55–60.

77. Nabikhan A., Kandasamy K., Raj A. and Alikunhi N.M. (2010). Synthesis of antimicrobial silver nanoparticles by callus and leaf extracts from saltmarsh plant, *Sesuvium portulacastrum* L Colloids Surf. B. 79 (2): 488–493.

78. Gnanadhas G., Paulkumar K., Vanaja M., Rajeshkumar S., Malarkodi C., Annadurai G. and Kannan C. (2013). Fruit-mediated synthesis of silver nanoparticles using *Vitis vinifera* and evaluation of their antimicrobial efficacy. J Nanostructure Chem. 3 (1): 67.

79. Suman T.Y., Radhika Rajasree S.R., Ramkumar R., Rajthilak C. and Perumal P. (2014) The green synthesis of gold nanoparticles using an aqueous root extract of *Morinda citrifolia* L. Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc. 118: 11–16.

80. Armendariz V. and Herrera I. (2004). Size controlled gold nanoparticle formation by *Avena sativa* biomass: Use of plants in nanobiotechnology. J. Nanoparticle Res 6.

81. Kumarasamyraja D. and Jeganathan N.S. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Acalypha indica* and its antimicrobial activity. Int J Pharma. Bio. Sci. 4(3): 469-476

82. Elavazhagan T. and Arunachalam K.D. (2011). *Memecylon edule* leaf extract mediated green synthesis of silver and gold nanoparticles. Int. J. Nanomedicine. 6. 1265.

83. Ahmad N. and Sharma S. (2012). Green synthesis of silver nanoparticles using extracts of *Ananas comosus*. Green Sustain. Chem. 2 (4): 141-147.

84. Suresh Y., Annapurna S., Singh A.K. and Bhikshamaiah G. (2014). Green synthesis and characterization of tea decoction stabilized copper nanoparticles. Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol. 3(4): 11265–11270.

85. Subhankari I. and Nayak P.L. (2013). Synthesis of copper nanoparticles using *Syzygium aromaticum* (Cloves) aqueous extract by using green chemistry. World J Nano Sci Technol. 2 (1): 14–17.

86. Shankar S.S., Rai A., Ahmad A. and Sastry M. (2004). Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core–Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. J. Colloid Interface Sci. 275(2): 496–502.

87. Hoag G.E., Collins J.B., Holcomb J.L., Hoag J.R., Nadagouda M.N. and Varma R.S. (2009). Degradation of bromothymol blue by 'greener' nano-scale zero-valent iron synthesized using tea polyphenols. J. Mater. Chem. 19 (45): 8671–8677.

88. Wang Z. (2013). Iron complex nanoparticles synthesized by eucalyptus leaves. ACS Sustain. Chem. Eng. 1 (12): 1551–1554.

89. Machado S., Pinto S.L., Grosso J.P., Nouws H.P.A., Albergaria J.T. and Delerue-Matos C. (2013). Green production of zero-valent iron nanoparticles using tree leaf extracts. Sci. Total Environ. 445. 1–8.

90. Nagar N. and Devra V. (2018). Green synthesis and characterization of copper nanoparticles using *Azadirachta indica* leaves. Mater. Chem. Phys. 213: 44–51.

91. Padma P.N., Banu S.T. and Kumari S.C. (2018). Studies on green synthesis of copper nanoparticles using punica granatum. Annu. Res. Rev In Biology. 23 (1): 1-10.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]

Green Synthesis of Nanoparticles for Using as Antibacterial Materials

Atasheh Soleimani-Gorgani[1*], Reihane Alborz[2]

1- Associate Professor, Department of Printing Science and Technology, Institute for Colour Science and Technology, Tehran, Iran.
2- MSc, Department Chemical Engineering, Buein Zahra Technical University, Qazvin, Iran

asoleimani@icrc.ac.ir

Abstract

Nowadays, researchers need to produce eco-friendly nanoparticles through synthetic methods without using toxic and hazardous chemicals. Environmental pollutions, such as chemical and physical contaminants can be produced by various chemical and physical processes during nanoparticle production. Therefore, researchers have made many efforts to synthesize eco-friendly Nano-materials using enzymes, microorganisms, and plant extracts. In recent years, along with using genetic engineering for producing GM plants tolerant to pests, due to their low environmental risks and biosafety issues, synthesizing of Nano-metals using plant extracts has been considered by researchers. Plant extracts contain reducing agents that can reduce the metal salts to their ions. Moreover, the synthesis of nanoparticles using plant extracts could be considered as a simple, cost effective, and environmentally friendly approach. In the present review paper, we discuss various green and eco-friendly methods using different plant extracts to produce silver, gold, copper, and iron nanoparticles as antibacterial materials.

Keywords: Green Synthesis, Nanoparticles, Plant Extracts, Antibacterial, Biosafety.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-12]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.3.3]