

## مروری بر روش های بیولوژیک (سبز) سنتز نانوذرات و

### کاربردهای آن

الناز شاهکوه محلی<sup>۱\*</sup>، دکتر الهام اسدپور<sup>۲</sup>، الیا شاهکوه محلی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> صنایع غذایی، دانشگاه غیرانتفاعی گلستان، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

<sup>۳</sup> دانشکده آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، ساری، ایران

Email:elenaz.shahkoozmahaly@gmail.com

### چکیده

امروزه با توجه به کاربرد گسترده نانوذرات در صنایع مختلف، سنتز آن ها مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. این روش ها به سه دسته کلی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می شوند. با توجه به معایب روش های شیمیایی و فیزیکی توجه محققان به روشی کم هزینه و بیضرر برای محیط زیست جلب شده است که تحت عنوان روش بیولوژیک (سبز) می باشد. در این مطالعه به مرور روش سبز و مزایای آن و همچنین کاربردهای آن صنایع غذایی پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: نانوذرات، سنتز سبز، کاربرد نانوذرات، صنایع غذایی

## مقدمه

به عواملی از قبیل، ماهیت عصاره‌های گیاهی، غلظت عصاره، دما و مدت زمان واکنش بستگی pH غلظت نمک فلزی، در این روش از گیاهان حاوی آنتی اکسیدان استفاده دارد. می‌شود که نقش مهمی در جذب رادیکال‌های آزاد دارند. (۲۲) تحقیقات نشان می‌دهد که سطح نانو ذرات تولید شده در این روش، توسط متابولیت‌های گیاه و نیز کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها پوشیده شده و این ترکیبات علاوه بر پایداری، سبب زیست سازگاری بیشتر این ذرات می‌شود و کاربرد آنها را در زمینه زیستی با چالش کمتری مواجه می‌کند. به طور مثال در سنتز نانو ذرات طلا به روش شیمیایی ممکن است برخی از عوامل سمی جذب شده در سطح نانو ذرات به وجود آید که دارای عوارض جانبی هنگام استفاده در مصارف کاربردی و پزشکی خواهد بود (۳۶،۴۷) لذا در این مطالعه، مروری بر روش‌های سنتز نانوذرات به روش سبز و کاربردهای صنایع مختلف بررسی خواهد شد. روش‌های بیوسنتز نانو ذرات

امروزه تمایل به تولید و استفاده از مواد در ابعاد نانو متری با توجه به خصوصیات جالب آن‌ها از جمله توانایی بالا در جذب و پراکنده کردن نور و سازگاری بالا با بدن موجودات زنده و توانایی میان کنش با مولکول‌های زیستی سبب افزایش استفاده از آن‌ها در علوم زیستی، پزشکی و کشاورزی شده است (۲۵).

### روش بیولوژیک ۱-۱

به تازگی روش بیوسنتز برای تولید نانو ذرات فلزی مورد توجه قرار گرفته است که در آن پلی ساکاریدها، میکروارگانیسم‌های زنده (باکتری‌ها و قارچ‌ها) و همچنین عصاره‌های گیاهی و آنزیم‌ها به عنوان عوامل کاهنده استفاده می‌شود. (۲۶) روش سبز به عنوان یک روش ساده و ماندگار به عنوان جایگزینی برای روش‌های پیچیده شیمیایی برای تولید نانو ذرات فلزی می‌باشد. این روش به سنتز سبز معروف است. در طی سنتز سبز نانوذرات، واکنش ردوکس در محلول‌های نمکی رخ می‌دهد به صورتی که عصاره‌ها و ارگانیسم‌های مختلف که شامل مواد کاهش کننده هستند الکترون‌ها را به یون‌های فلزی انتقال داده و در نتیجه نانو

در سال‌های اخیر به دلیل کاربرد گسترده نانو ذرات تمایل زیادی برای سنتز آنها بوجود آمده است. نانو ذرات عموماً به ذراتی گفته می‌شود که اندازه آنها کمتر از ۱۰۰ نانو متر است و به دلیل اندازه کوچک، رفتاری مانند اتم از خود نشان می‌دهند. (50)

نانوذرات می‌تواند از طریق روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی مختلف حاصل شود. نانو ذرات حاصل از روش‌های فیزیکی و شیمیایی اگرچه نانو ذراتی خالص و همگن هستند اما به دلیل استفاده از مواد خطرناک شیمیایی، پرتو زایی، انجام واکنش در شرایط خاص (دما و فشار)، گران بودن مواد و زمان بر بودن و ایجاد خطرات بالقوه برای محیط زیست مناسب نیستند (۴۶) از این رو استفاده از به روشی کم هزینه، بدون تولید مواد سمی و همچنین بدون آسیب زیست محیطی رو به افزایش است که یکی از آنها روش‌ها تولید نانو ذرات به روش سبز است. (۳۸،۵۵) سنتز نانو ذرات فلزی با استفاده از عوامل سبز بدلیل خواص متفاوت نوری، شیمیایی، فتوالکترو شیمی و الکترونیکی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. فهرست گسترده‌ای از تحقیقات متعددی از منابع مختلفی که در تولید زیستی نانو ذرات فلزی بکار می‌روند موجود است که به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند، ۱: سنتز نانوذرات با استفاده از میکرو ارگانیسم‌ها از قبیل باکتری‌ها، اکتینو میستها، قارچ‌ها و جلبک‌ها (۶،۷،۸). ۲: سنتز نانوذرات با استفاده از گیاهان و عصاره‌های گیاهی (۳۰،۳۷،۴۳،۵۵،۵۶) برای سنتز نانو ذرات فلزی به دلیل استفاده از آب به عنوان حلال مناسب و بی خطر بودن زمان پتانسیل احیاکنندگی عصاره (۳۷) خطر گیاهی نسبت به کشت میکروبی (۲۴،۲۷،۳۴) نزدیک به صفر بودن آلودگی ایجاد شده طی بیوسنتز نانو ذرات اقتصادی بودن و عدم نیاز به کشت سلولی برتر از سایر روشهای بیولوژیک است و در مقیاس وسیع قابل استفاده با این حال سرعت تولید، کیفیت و است (۲۰،۴۷،۵۰) ویژگیهای نانو ذرات تولید شده به وسیله عصاره‌های گیاهی

ذرات فلزی را تولید می‌نمایند (۵۰) در شکل ۱ تشکیل نانو ذرات فلزی نشان داده شده است  
 شکل ۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانو ذرات سنتز شده با عصاره گیاه مرزنجوش (۵۹).  
 در این میان عصاره‌های گیاهی مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند زیرا نانو ذراتی که به این روش سنتز می‌شوند پایدار هستند. مطالعات انجام شده حضور پلی فنل‌ها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و بخصوص تریپتونوئید های گیاهی را در کاهش نمک‌های فلزی جهت سنتز نانو ذرات نشان داده‌اند

استفاده از عصاره گیاهی ۱-۱-۱  
 مزایای استفاده از مواد گیاهی برای بیوسنتز نانو ذرات، مکانیسم جذب یون‌های فلزی توسط گیاهان و درک مکانیسم احتمالی تشکیل نانو ذرات فلزی در گیاهان است. به عنوان مثال عصاره گیاه سرخدار قابلیت بالایی در سنتز نانو ذرات نقره پایدار و با کیفیت بالا با اندازه کمتر از ۵۰ نانومتر داشتند. تحقیقی که بر روی بررسی فعالیت ضد باکتری نانو ذره روی اکسید سنتز شده به روش سبز از عصاره گیاه زوفا انجام شد. به منظور سنتز نانو ذرات روی اکسید به روش سبز، ابتدا عصاره آبی گیاه زوفا تهیه گردید. از استات روی به عنوان منبع روی استفاده شد، برای تایید سنتز کامل (SEM -TEM -XRD -FTIR) نانو ذرات، تست‌های انجام شد نتایج نشان داد که نانو ذرات روی اکسید سنتز شده به روش سبز از عصاره گیاه زوفا در غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر دارای فعالیت ضدباکتریایی مناسبی بودند به نحوی که هاله عدم رشد در غلظت ۲۰۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر در باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس تقریباً برابر با نمونه کنترل تشکیل شد (۹). در پژوهشی دیگر که بر روی سنتز نانو ذرات نقره به روش سبز با استفاده از عصاره گیاه مرزنجوش اروپایی و بررسی اثرات ضد میکروبی آن انجام شد، برای سنتز نانو ذرات نقره ۱۰ سی سی از عصاره تهیه شده را با ۹۰ سی سی ارز محلول نقره نیترات ۱ میلی مولار مخلوط کرده و محلول به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاهی بر

روی همزن مغناطیسی قرار داده شد جهت مشاهده تغییرات رنگ بر روی میزان جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در محدوده ۳۰۰-۷۰۰ نانومتر مورد بررسی rpm قرار گرفت محلول حاوی نانو ذرات ساخته شده با دور ۱۲۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و سپس محلول رویی دور ریخته شد اندازه و مورفولوژی این نانو ذرات توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری تعیین شد که شکل ذرات کروی و اندازه متوسط آنها در حدود ۳۰ تا ۷۰ نانومتر است. نانو ذرات نقره زیستی دارای فعالیت ضد میکروبی بر علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بودند. به نظر می‌رسد که خواص ضدباکتریایی عصاره‌های حاوی نانو ذرات به شکل محسوسی افزایش یافت. سنتز نانو ذرات با استفاده از عصاره گیاهی می‌تواند به افزایش ضدباکتریایی آنها کمک کند (۵۹).

در تحقیقی که بر روی سنتز سبز نانو کامپوزیت‌های آهن/نقره به وسیله عصاره گیاهی اناریجه برای فعالیت ضد باکتریایی انجام دادند که عصاره یابی گیاه اناریجه به عنوان عامل کاهنده برای تولید زیستی نانو کامپوزیت‌های مغناطیسی آهن/نقره استفاده شد. آنالیز نانو کامپوزیت‌های تولیدی به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر و میکروسکوپ الکترونی، رویشی میدان گسیلی انجام گرفت و فعالیت ضد باکتریایی آن بر علیه باکتری گرم منفی اشرشیا کلی بررسی گردید و نتایج حاصل عبارتند از نانو کامپوزیت‌های زیستی آهن/نقره در طول موج ۳۸۰ و ۴۲۰ دارای بالاترین پیک بوده و نشان دهنده جذب آهن و نقره می‌باشد و میزان مهار کنندگی نانو کامپوزیت‌های زیستی آهن/نقره برای باکتری اشرشیا کلی بین ۱۵ تا ۲۳ میلی متر است (۶).

در پژوهش دیگری که بر روی سنتز سبز نانو ذرات نقره در عصاره میوه زیتون تلخ و بررسی خواص ضدباکتریایی آن انجام دادند تاثیر عصاره و نقره نیترات بر میزان جذب نانو ذره نقره در آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت پراش پرتو ایکس به منظور تایید ساختار بلوری نانو ذره استفاده شد. اندازه و توزیع ذرات توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد

بررسی قرار گرفت سپس خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات با استفاده از روش صفحه بررسی شدند. نتایج سنتز نانوذرات به طور نسبی پراکندگی، شش ضلعی و با میانگین اندازه ۲۰ نانومتر در عصاره میوه نارس زیتون تلخ تایید شد اثر متقابل غلظت نقره نیترات و عصاره بر میزان جذب معنی دار گردید و نانوذرات سنتز شده از لحاظ خاصیت ضدباکتریایی بر علیه استافیلوکوکوس اورئوس سودوموناس موثر بوده است. (۱۳)

تحقیقی که بر روی سنتز سبز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره کرفس کوهی و بررسی اثرات ضد باکتریایی آن مقایسه شد محلول حاوی نقره نیترات با عصاره‌ای که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد مخلوط و آنکوبه شد، سنتز نانوذرات نقره از طریق تجزیه و تحلیل رزونانس پلاسمون سطحی مورد بررسی قرار گرفت. عصاره آبی کرفس کوهی بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد که نانو ذرات نقره تقریباً کروی شکل هستند و فعالیت ضدباکتریایی بالایی دارند. (۱۷)

استفاده از میکروارگانسیم ها ۱-۱-۲  
 باکتری‌ها به عنوان ارگانسیم‌هایی کارآمد شناخته می‌شوند زیرا توانایی تولید مقدار زیادی آنزیم، آمینواسید، پلی ساکارید و ویتامین را دارند که به عنوان کاهنده یون‌های فلزی عمل می‌کنند.

جانستون و همکارانش برای اولین بار مکانیسم‌های متفاوت تشکیل نانوذرات فلزی در باکتری‌های مختلف را بیان کردند، نتایج نشان داد که یک پپتید کوچک غیر ریبوزومی باعث تولید نانوذرات طلا است این پپتید باعث مکانیسم مقاومت باکتری در برابر یون‌های کمی فلزی می‌شود هنگامی که میکروارگانسیم‌ها تحت تنش نمک‌های فلزی قرار می‌گیرند، آنزیم‌ها و مولکول‌های زیستی فعال آن‌ها به یون‌های فلزی متصل می‌شوند به این ترتیب یون‌های فلزی را کاهش داده و نانو ذرات را تشکیل دهند (۵۴)

در تحقیقات که به منظور بررسی خواص ضد باکتری کلوئیدهای نقره تولید استفاده گردید. وجود نانو ذرات نقره در کلوئید حاصل با استفاده از طیف سنجی نور فرابنفش مرئی به اثبات رسید. میانگین اندازه نانو ذرات

بدست آمده از قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم کوچک تر از میانگین آن در باکتری اشرشیاکلی بود. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که خواص ضد باکتری سطوح پوشیده با کلوئید نانو ذرات نقره سنتز شده به کمک قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم به دلیل کوچکتر بودن اندازه نانوذرات نسبت به کلوئید حاصل از باکتری است. بر روی نقش باکتری‌ها در سنتز نانوذرات نقره کار شده است، در تولید نانوذرات با استفاده از میکروارگانسیم‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها به دلیل فناوری پیشرفته‌تر بیشتر از اکتینومیست و مخمر مورد توجه قرار گرفته‌اند. مقاومت باکتری در برابر فلزات سنگین، با استفاده از پدیده انتشار از داخل به خارج سلول انجام می‌شود. این انتشار و سم زدایی با استفاده از پروتئین‌های غشایی انجام می‌گیرد که مانند ناقل‌های معکوس کاتیون عمل می‌نمایند. انواع باکتری‌های تولید ATP و پروتون با کننده نانوذرات به دو نوع درون سلولی و خارج سلولی تقسیم شده است. (۱۱)

ساخت درون سلولی نانوذرات با استفاده از ۱-۱-۲  
 باکتری: آن دسته از ارگانسیم‌هایی که دارای سیستم مقاوم به نقره هستند، می‌توانند نانوذرات را به صورت درون سلولی تولید کنند. سلول‌های باکتری در محیط کشت دارای نمک نقره تلقیح شده و در شرایط مناسب رشد گرم خانه گذاری می‌گردد. یون‌ها به درون سلول باکتری انتقال یافته و با استفاده از آنزیم‌های درون سلولی و عوامل موثر موجود در سلول باکتری به نانوذرات نقره تبدیل می‌شوند. این روش از نظر میزان مصرف انرژی مقرون به صرفه نخواهد بود.

ساخت خارج سلولی نانوذرات با استفاده از ۱-۱-۲  
 باکتری: تولید خارج سلولی نانوذرات در خارج از سلول باکتری انجام می‌شود. نانوذرات با شکل‌های متفاوت کروی، مکعبی، شش وجهی با استفاده از زیست توده باکتری، مایع رویی کشت باکتری و عصاره آبی فاقد سلول باکتری ساخته می‌شوند. (۱۱)

سنتز نانوذرات توسط آنزیم میکروارگانسیم‌ها ۱-۱-۳  
 تولید شده در مسیر گلیکولیز و زنجیره انتقال NADH الکترون با ایجاد هیدروژن یک فضای احیایی را ایجاد کرده و

منجر به تولید نانوذرات نقره می‌شود. آنزیم نیترات ردوکتاز به عنوان عامل موثر در ساخت نانوذرات می‌باشد که احیای نیترات یکی از مهمترین مراحل تبدیل نیتروژن در طبیعت است نیترات ردوکتاز آنزیمی است که در چرخه نیتروژن واکنش تبدیل نیترات به نیتريت را کاتالیز می‌کند چهار نوع آنزیم نیترات ردوکتاز وجود دارد. نمونه یوکاریوتی و سه نوع آنزیم نیترات ردوکتاز باکتریایی که شامل نوع سیتوپلاسمی که با دو نوع فاکتور است (۱۱)

در تحقیقی که توسط ملانیا و همکاران بر روی خواص ضد باکتری نانوذرات نقره تولید شده توسط آنزیم آلفا آمیلاز باکتریایی انجام شد، نانو ذرات نقره به روش زیستی با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز باکتریایی سنتز شدند، سپس نانوذرات سنتز شده به منظور بررسی اثر ضدباکتریایی، به حاوی سویه‌های مختلف باکتری بیماری زا LB محیط کشت افزوده شدند و کمترین غلظت مهارکنندگی آن‌ها محاسبه شد. نانوذرات تولید شده به این روش اندازه‌ای

حدود ۲۰ تا ۴۰ نانومتر نشان دادند و فعالیت مهارکنندگی و کشندگی خوبی بر باکتری‌های بیماری‌زای گرم مثبت و منفی داشتند، به طوری که در غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر تمام باکتری‌ها از بین رفتند.

کاربرد نانوذرات در صنایع غذایی: با توجه به کاربرد ۲ گسترده‌ی استفاده از نانوذرات در بخش‌های مختلف صنایع غذایی در این قسمت به نمونه‌هایی از کاربردهای نانو ذرات تولید شده به روش سبز در صنعت غذا خواهیم پرداخت.

کاربرد نانوذرات در بسته‌بندی‌های ضد میکروبی ۱-۲ از آنجایی که اکثر روش‌های نگهداری معمول مواد غذایی در مورد غذاهای تازه و آماده مصرف قابل کاربرد نیست، برای نگهداری این قبیل محصولات از بسته‌بندی‌های ضد میکروبی استفاده می‌شود. این بسته‌بندی‌ها نوعی بسته بندی فعال اند که حاوی ترکیبات ضد میکروبی می‌باشند. نانوذرات فلزی مانند طلا، نقره، مس از این دسته از مواد می‌باشند. نقره به دلیل واکنش با گروه تیول آنزیم‌های میکروارگانیزم‌ها، باعث غیرطبیعی شدن شدن آنزیم‌ها و در نهایت مرگ

سلولی می‌شود. بسته‌بندی‌های حاوی نانوذرات نقره می‌تواند در ساختار پدهای جاذب و یا در ترکیب با پلیمرهای پلی‌اتیلن، پروپیلن و پلی‌استایرن به کار رفته و با آزاد سازی یونهای نقره باعث کاهش جلوگیری و یا به تاخیر انداختن رشد میکروب‌ها و در نتیجه افزایش زمان ماندگاری و حفظ کیفیت محصولات غذایی می‌شود. (۵) افزایش تقاضا برای بسته بندی جدید مواد غذایی که جهت برآورده ساختن نیازهای محوری برای پیشرفت علم نانو مواد ارائه شده

استیکی از گسترده ترین مناطق استفاده از نانوذرات فلزی کاربردهای مختلف از جمله و پزشکی است و استفاده از نانومواد، از جمله نانو مواد فلزی به عنوان پرکننده‌های فعال در نانو کامپوزیت های پلیمری برای بسته‌بندی مواد غذایی به طور گسترده‌ای بررسی شده است. مطالعات کشندگی بیشتر برای فیلم‌های نانو کامپوزیت‌های حاوی ذرات ۴۱ نانومتری را نشان داد. یعنی هر چه اندازه آن کوچکتر شد کارآمد تر به نظر رسید. استفاده از نانو ذرات فلزی برای بسته‌بندی مواد غذایی کارآمد به نظر می‌رسد ولی برای ارزیابی اثرات سو به مدت زمان بیشتری نیاز است. (۸)

اثرات ضد باکتریایی نانو ذرات تولید شده به روش سبز ۲-۲ همچنان که اشاره شد از دیر باز مشخص شده بود که ترکیبات نقره، توانایی بالا در مهار و کشتن گستره وسیعی از میکروارگانیزم‌ها شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها دارند برخی بررسی‌ها بیان می‌کنند با اینکه این مواد برای (۳۵) میکروارگانیزم‌ها کشنده هستند ولی برای سلول‌های پستانداران خطر قابل توجهی ندارند. اثرات ضد باکتریایی نانو

ذرات نقره بارزترین ویژگی زیستی آن است. بر این اساس این مواد به بسیاری از محصولات بهداشتی مانند پمادهای سوختگی و ضد عفونی‌کننده‌ها، سیستم‌های تصفیه آب و اثرات نانوذرات نقره تجهیزات پزشکی افزوده می‌شود (۱،۳۵). آنها مهم بر گستره وسیعی از باکتری‌ها بررسی شده است ترین مکانیسم اثر را تخریب دیواره و یا به اصطلاح خود گودال زدن می‌دانند (۳۱،۳۳،۲۳)

تحقیقی مشابه و البته جامع توسط لی و همکارانش انجام شده است آنها نیز نظریات گذشته در زمینه گودال زدن را

قبول کرده و با شواهد بیشتر آن را تایید میکنند. (۲۹) در همین سال میزان بازدارندگی در حضور غلظت مختلف نانو ذرات زیر ۲۰ نانو مترپرداخته شد آنها عقیده دارند که در غلظت‌های کم که امکان گودال زایی کاهش می‌یابدنشست روی دیواره، اتصال به گیرندهای سطحی یا کانال‌های عبور مواد مهم‌ترین دلایل مرگ باکتری‌ها هستند(۲۹،۳۱)

نتایج بدست آمده از تعیین خاصیت ضد باکتری نانو ذرات روی اکسید سنتز شده از عصاره گیاه زوفا نشان داد که بین غلظت نانو ذره و حذف باکتری‌ها نسبت مستقیم وجود دارد.(۹)

در تحقیقات، نانو ذرات نقره سنتز شده بیشترین جذب را در ۴۳۰ نانومتر نشان دادند و دارای شکل کروی و میانگین اندازه آن‌ها بین ۵۰-۱۰ نانومتر بود. نانوذرات سنتز شده برابر با ۲۱ میکروگرم IC۵۰ دارای خواص آنتی‌اکسیدانی با بر میلی لیتر بودند. نتایج بررسی‌های ضدباکتریایی نشان داد که نانو ذرات نقره سنتز شده، فعالیت ضدباکتریایی بیشتری بر علیه باکتری گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس نسبت به باکتری گرم منفی اشیریشیاکلی داشتند

به نانوذرات نقره Ag+ عصاره شاه‌تره قادر به احیای یون می‌باشد. همچنین نانوذرات نقره سنتز شده دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی مناسبی می‌باشند

یکی از مهمترین نانوذرات سنتز شده به روش سبز، روی اکسید می‌باشد که خاصیت ضدسرطانی، ضد میکروبی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد. این نانو ذره سبب اثرات حفاظتی دارد و قادر است سمیت برخی از ترکیبات را کاهش دهد. از این خصوصیت در تحقیقات مختلف به منظور اثر سمیت برخی از ترکیبات دارویی مقاومت باکتریایی به آنتی بیوتیک‌ها، اهمیت توسعه عوامل ضدباکتریایی جدید را افزایش داده است نانو ذرات نقره می‌توانند به عنوان یکی از عوامل ضد باکتری مهم مطرح باشند با توجه به نگرانی‌های زیست محیطی درباره گسترش کاربرد نانو ذرات نقره، استفاده از روش سبز برای سنتز این

نانو ذرات ضمن کاهش نگرانی‌ها می‌تواند به تکامل نانو ذراتی را با خصوصیات برتر نیز منجر شود. (۷)

بررسی فعالیت ضد باکتریایی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره میوه گیاه تشنه داری در این تحقیق از یک روش ساده و سریع جهت سنتز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره میوه گیاه تشنه داری انجام شد. بطوریکه متابولیت‌های موجود در عصاره میوه تشنه داری سبب کاهش یون‌های نقره به نانوذرات نقره طی فرایند سنتز سبز شدند. فعالیت ضدباکتریایی نانو ذره نقره سنتز شده از عصاره میوه گیاه تشنه داری بر علیه باکتری‌های گرم منفی (اشیریشیا کلی و ATCC ، سالمونلا تایفی ATCC بالینی، اشیریشیا کلی کلبسیلا پنومونیه ) و گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس و باسیلوس سرئوس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نانو ذرات نقره فعالیت ضد باکتریایی افزایش می‌یابد. (۱۴)

سلیمانی و همکاران تحقیقی را انجام دادند که در آن خواص ضدباکتریایی نانو ذرات نقره و طلا و مس حاصل از سنتز با استفاده از گیاهان کارایی بسزایی را در پزشکی به ویژه سیستم‌های کنترل ضد میکروبی خواهند داشت ولی در مقایسه با نقره، مس و طلا اثر ضد میکروبی ضعیف تری از خود نشان داد. همچنین فعالیت ضد میکروبی نانوذرات آهن کمترین است طلا به خاطر کاربردهای نوری و الکترونیکی، از لحاظ تکنولوژی و صنعتی بسیار پر اهمیت است. این پژوهش‌های زیست محیطی تا حدودی با محیط زیست سازگار هستند، موجب ایجاد بستری رو به رشد در فن آوری‌های نوین در ایران شود(۱۲)

در تحقیقاتی که بر روی بیوسنتز نانوذرات تیتانیوم توسط لاکتو باسیلوس پلانتروم‌های بومی ایران انجام شد، سوبه‌های مختلفی از لاکتو باسیلوس‌ها جدا شده از محصولات لبنی بومی ایران تحت شرایط کنترل شده، در معرض تیتانیوم دی‌اکساید قرار گرفته و نتایج با میکروسکوپ‌های الکترونی و همچنین پراش پرتو ایکس بررسی شدند. پس از بررسی و مطالعه سازوکار مولکولی بیوسنتز نانو ذرات توسط باکتری‌ها و کاهش اکسیدهای فلزی توسط آنان، تحت

طول میوه، مواد جامد قدرت اسیدی، درصد پوسیدگی، وزن گوشت و تفاله میوه، ویتامین ث، و نشت الکترولیت در روز صفر، یک ماه و سه ماه بعد از انبار داری اندازه گیری شد. نتایج نشان داد نانو ذرات تاثیر معنی داری بر تمام صفات مورد اندازه گیری داشت و باعث کاهش چشمگیر درصد پوسیدگی میوه شد و در نتیجه موجب کاهش ضایعات پس از برداشت میوه گردید(3).

### بحث و نتیجه گیری

همانطور که اشاره شد امروزه تمایل به استفاده از مواد در ابعاد نانو با توجه به خصوصیات ذکر شده مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. با در نظر گرفتن معایب روش‌های فیزیکی و شیمیایی، نیاز به روشی کم هزینه، غیر سمی و ساده احساس شد. استفاده از ارگانوسم‌های زنده، گیاهان و آنزیم‌ها جایگزینی مناسب و سازگار با محیط زیست برای سنتز نانوذرات می‌باشد که تحت عنوان سنتز سبز مطرح است. در این روش از گیاهان و میوه‌های حاوی آنتی اکسیدان استفاده می‌شود که نقش مهمی در جذب رادیکال‌های آزاد دارند. این روش در مقیاس وسیع قابل استفاده می‌باشد. بطوریکه می‌توان از آنها در بسته بندی مواد غذایی و افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی و در صنایع دارویی و بهداشتی به عنوان ضد باکتری استفاده کرد.

### منابع

- [1] احمدی امید، حدید نعیمه وجعفری زاده مالگیری هدی. مطالعه و بررسی سنتز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره برگ آلوئه ورا. همایش بین المللی پژوهش‌های کاربردی کشاورزی، تهران، ۱۳۹۴.
- [2] بهتاش لادن سید امیر، محمدی ازهر عباس، تاج آبادی ابراهیمی دکتر مریم، حیدری نصرآبادی دکتر میترا. بیوسنتز نانوذرات تیتانیوم توسط لاکتو باسیلوس پلانتروم‌های بومی ایران، مجله تازه‌های فناوری زیستی سلولی و مولکولی، دوره دوم، شماره شش، بهار ۱۳۹۱.

عنوان فرآیندی دفاعی که احتمالا به دلیل فقدان سوپراکسید دیسموتاز در برخی از سویه‌ها است، تفسیر می‌گردد. (۲)

کاربرد نانوذرات سنتز شده به روش سبز در حذف ۲-۳ آلاینده‌های آب

رشد جمعیت و تلاش‌های انسان در راه دستیابی به فناوری‌های نوین، رفاه بیشتر و گسترش صنایع منجر به ورود مواد شیمیایی مختلف به محیط زیست شده است که زندگی تمامی موجودات زنده را مورد تهدید جدی قرار داده است. از مهمترین آلاینده‌ها، یون‌های فلزات سنگین هستند که حذف آنها از منابع آبی بسیار مورد توجه می‌باشد. برای این منظور جاذب‌های مختلفی تهیه و مورد بررسی قرار گرفته است یکی از کارآمدترین این جاذب‌ها در زمینه حذف آلاینده‌ها از آب نانو ذرات اکسید آهن است. در سال‌های اخیر فعالیت‌های زیادی در زمینه اصلاح این نانو ذرات با هدف افزایش کارایی و راندمان جذب صورت گرفته است. نانوذرات روی اکسید پوشش دار شده با استفاده از عصاره گیاه جاشیر تهیه شد. برای بررسی سطوح جاذب مذکور از دستگاه طیف سنج مادون قرمز و برای بررسی استفاده شد. نانو ذرات سنتز شده با SEM اندازه ذرات از عصاره گیاه به علت اصلاح شدن نانو ذرات با اجزاء مشکله گیاه قادر به پیوند با یون‌های فلزات سنگین و در نتیجه افزایش کارایی در حذف فلزات سنگین می‌گردد. (۱۶)

تاثیر نانو ذرات در ماندگاری مواد غذایی ۲-۴

یکی از گیاهان مهم و کاربردی، گیاه آلوئه ورا می‌باشد که عصاره برگ آن خاصیت کاهندگی داشته و می‌توان به کمک آن و نمک‌های فلزی نقره، نانو ذرات نقره را سنتز کرد که کاربردهای بسیار متنوعی در زمینه‌های مختلف علوم مختلف خواهد داشت. یکی از مهمترین این کاربردها در زمینه کشاورزی، صنایع غذایی می‌باشد که با استفاده از آن می‌توان زمان ماندگاری مواد غذایی و گیاهان و گل‌ها را افزایش داد. (۱)

در تحقیقی اثر غلظت‌های مختلف نانو ذرات نقره بر ماندگاری میوه چند رقم پرتقال مورد بررسی قرار گرفت. صفات قطر و



- [3] تدین رضا، میرزایی سعید، رحیمی مهدی، سالاری حسن. بررسی تاثیر نانوذره نقره بر ماندگاری میوه پرتقال. مجله پژوهشهای گیاهی، دوره ۲۹، شماره ۲، ۳۲۷-۳۱۹، تابستان ۱۳۹۵.
- [4] حسینی فرد مهدی، قربانی هادی. حذف فلز روی از محلول‌های آبی با استفاده از نانو ذرات دی اکسید منگنز، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷.
- [5] خلیفه حسن، شیروانی نوشین و قنبر زاده، بابک. کاربرد نانو ذرات نقره در بسته بندی‌های ضد میکروبی مواد غذایی، بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰.
- [6] دهقان زهرا، رنجبر مجتبی، گواهی مصطفی. سنتز سبز نانو کامپوزیت آهن/نقره به وسیله عصاره گیاه اناریجه برای فعالیت آنتی باکتریایی. دومین کنفرانس بین المللی فناوری نوین در علوم، ۱۳۹۷.
- [7] دوستی بهروز، نبی پور فاطمه، حاجی امرایی امین. سنتز سبز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی گیاه شاه‌تره و بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی آن. مجله علوم پزشکی رازی. ۱۳۹۸؛ ۲۶ (۶): ۱۱۷-۱۰۵
- [8] رحیم زاده هلق، احسان. استفاده از نانو ذرات در بسته بندی مواد غذایی، اولین همایش ملی میان وعده‌ای غذایی، مشهد، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۳.
- [9] رحیمی کلاته شاه محمد قاسم، مسعود تبریزی و اردلان توران، (۱۳۹۷) بر روی فعالیت ضد باکتری نانو ذره روی اکسید سنتز شده بروش سبز از عصاره گیاه زوفا. گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد مشهد، مشهد ایران. دوره ۲۰، شماره ۴، ۱۰۷-۱۱۵، زمستان ۱۳۹۷.
- [10] رزمی آرش، نیکخواه مریم، باقری عبدالرضا، شمس بخش مسعود، ملک زاده شفاوردی سعید. سنتز سبز نانو ذرات کرومی طلا با استفاده از عصاره گیاه آب تره. مجله زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس. دوره ۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶.
- [11] رضایی صومعه لیلا، قوم پریناز. نانوذرات نقره و نقش باکتری در سنتز آن، خرداد ۱۳۹۶.
- [12] سلیمانی گرگانی آتسه، البرز ریحانه. سنتز سبز نانوذرات جهت استفاده به‌عنوان ماده ضدباکتریایی. فصل‌نامه علمی ایمنی زیستی. ۱۳۹۹؛ ۱۳ (۱): ۴۴-۲۳
- [13] شمس سمیه، پورسیدی شهرام. سنتز سبز نانوذرات نقره در عصاره میوه زیتون تلخ و بررسی خاصیت ضدباکتریایی آن. مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمان، دوره ۳۸، شماره ۳، ص ۵۵-۶۳، پاییز ۱۳۹۴.
- [14] طلوعی تبار حدیث، حاتم نیا علی اصغر. بررسی فعالیت ضد باکتریایی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره میوه تشنه داری (*Scrophularia striata*).
- [15] رحمانی علیرضا، نور. وزی رقیه، صمدی محمد تقی، افخمی عباس. حذف کروم شش ظرفیتی از محیط آبی با استفاده از نانو ذرات آهن تولید
- [16] نعمت‌اللهی فرشته، مظفری شهلا، زمانی هرگلانی زهرا وزینلی مونا، حذف سرب و کادمیوم از آب توسط نانوذرات مغناطیسی  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده. نشریه علوم و صنایع غذایی، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۷
- [17] عزیززی م، کابلی فرشچی ح، عروجعلیان، عرفایی ح. سنتز سبز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره کرفس کوهی و



- [24]Irvani, Siavash. "Green synthesis of metal nanoparticles using plants. " *Green Chemistry* 13. 10 (2011): 2638-2650.
- [25]Jain KK. Nanodiagnosics: application of nanotechnology in molecular diagnostics. *Expert Rev Mol Diagn.* 2003;3(2): 153–161. doi: 10. 1586/14737159. 3. 2. 153
- [26]Natsuki, Jun, Toshiaki Natsuki, and Yoshio Hashimoto. "A review of silver nanoparticles: synthesis methods, properties and applications. " *Int. J. Mater. Sci. Appl* 4. 5 (2015): 325-332.
- [27]Kannan, N. , K. S. Mukunthan, and S. Balaji. "A comparative study of morphology, reactivity and stability of synthesized silver nanoparticles using *Bacillus subtilis* and *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. " *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 86. 2 (2011): 378-383.
- [28]Kim, A. Ra, et al. "Hepatocyte cytotoxicity evaluation with zinc oxide nanoparticles. " *Journal of biomedical nanotechnology* 9. 5 (2013): 926-929.
- [29]Li, Wen-Ru, et al. "Antibacterial effect of silver nanoparticles on *Staphylococcus aureus*. " *Biometals* 24. 1 (2011): 135-141.
- Luangpipat, Tiyaorn, et al. "Gold nanoparticles produced in a microalga. " *Journal of Nanoparticle Research* 13. 12 (2011): 6439-6445.
- [30]Mameneh, Roohangiz, et al. "Characterization and antibacterial activity of plant mediated silver nanoparticles biosynthesized using *Scrophularia striata* flower extract. " *Russian Journal of Applied Chemistry* 88. 3 (2015): 538-546.
- [31]Mirzajani, Fateme, et al. "Antibacterial effect of silver nanoparticles on *Staphylococcus aureus*. " *Research in microbiology* 162. 5 (2011): 542-549.
- [32]Mohammadian, M. , Z. Es'haghi, and S. Hooshmand. "Green and chemical synthesis of zinc oxide nanoparticles and size
- بررسی اثرات ضد باکتریایی آن. مجله بین المللی علوم و فناوری کشاورزی، دوره ۱۹، شماره ۳، ۶۹۱-۶۸۱، ۱۳۹۶.
- [18] غلامی شعبانی محمد حسن، ایمانی افشین، چمنی محمد، رزاقی ابیانه مهدی، ریاضی غلامحسین، چپانی محسن، خادمی سمانه، اکبرزاده عظیم. بررسی خواص ضد باکتری سطوح دارای پوشش نانو ذرات سنتز شده با قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم و باکتری اشرشیا کلی، مجله تازه ها
- [19]Chen, Xiao, and Hermann J. Schluesener. "Nanosilver: a nanoproduct in medical application. " *Toxicology letters* 176. 1 (2008): 1-12.
- [20]Dahl, Jennifer A. , Bettye LS Maddux, and James E. Hutchison. "Toward greener nanosynthesis. " *Chemical reviews* 107. 6 (2007): 2228-2269.
- [21]Dror-Ehre, A. , H. Mamane, T. Belenkova, G. Markovich, and A. Adin. "Silver nanoparticle–*E. coli* colloidal interaction in water and effect on *E. coli* survival. " *Journal of Colloid and Interface Science* 339, no. 2 (2009): 521-526.
- [22]Dwivedi, Amarendra Dhar, and Krishna Gopal. "Biosynthesis of silver and gold nanoparticles using *Chenopodium album* leaf extract. " *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 369. 1-3 (2010): 27-33.
- [23]Feng, Qing Ling, et al. "A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. " *Journal of biomedical materials research* 52. 4 (2000): 662-668.

- [42]Salehi M,Reisnia N,Mehrabian S. Antibacterial effect of external shell of Pistacia Vera extract. Journal of Islamic Azad University Microbial Biotech ۵۳-۵۹ :۱(۳;۲۰۱۱).Research
- [43]Salem, W. M. , et al. "Antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized from latex and leaf extract of Ficus sycomorus. " *Industrial Crops and Products* 62 (2014): 228-234.
- [44]Samadi, Nasrin, et al. "Intra/extracellular biosynthesis of silver nanoparticles by an autochthonous strain of proteus mirabilis isolated fromphotographic waste. " *Journal of Biomedical Nanotechnology* 5. 3 (2009): 247-253.
- [45]Sangeetha, Gunalan, Sivaraj Rajeshwari, and Rajendran Venckatesh. "Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by aloe barbadensis miller leaf extract: Structure and optical properties. " *Materials Research Bulletin* 46. 12 (2011): 2560-2566.
- [46]Senapati, Satyajyoti, et al. "Intracellular synthesis of gold nanoparticles using alga Tetraselmis kochinensis. " *Materials Letters* 79 (2012): 116-118.
- [47]Shankar, S. Shiv, et al. "Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core–Ag shell nanoparticles using Neem (Azadirachta indica) leaf broth. " *Journal of colloid and interface science* 275. 2 (2004): 496-502.
- [48]Shankar, S. Shiv, Absar Ahmad, and Murali Sastry. "Geranium leaf assisted biosynthesis of silver nanoparticles. " *Biotechnology progress* 19. 6 (2003): 1627-1631.
- [49]Singaravelu, G. , et al. "A novel extracellular synthesis of monodisperse gold nanoparticles using marine alga, Sargassum wightii Greville. " *Colloids and surfaces B: Biointerfaces* 57. 1 (2007): 97-101.
- evaluation by UV–vis spectroscopy. " *J Nanomed Res* 7. 1 (2018): 00175.
- [33]Morones, Jose Ruben, et al. "The bactericidal effect of silver nanoparticles. " *Nanotechnology* 16. 10 (2005): 2346.
- [34]Narayanan, Kannan Badri, and Natarajan Sakthivel. "Biological synthesis of metal nanoparticles by microbes. " *Advances in colloid and interface science* 156. 1-2 (2010): 1-13.
- [35]Navarro, Enrique, et al. "Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. " *Ecotoxicology* 17. 5 (2008): 372-386.
- [36]Noguez, Cecilia. "Surface plasmons on metal nanoparticles: the influence of shape and physical environment. " *The Journal of Physical Chemistry C* 111. 10 (2007): 3806-3819.
- [37]Rajan, Ramachandran, et al. "Plant extract synthesized silver nanoparticles: an ongoing source of novel biocompatible materials. " *Industrial Crops and Products* 70 (2015): 356-373.
- [38]Rajeshkumar, Shanmugam, et al. "Seaweed-mediated synthesis of gold nanoparticles using Turbinaria conoides and its characterization. " *Journal of Nanostructure in Chemistry* 3. 1 (2013): 1-7.
- [39]Sre, PR Rathi, et al. "Antibacterial and cytotoxic effect of biologically synthesized silver nanoparticles using aqueous root extract of Erythrina indica lam. " *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 135 (2015): 1137-1144.
- [40]Oyefusi, Adebola, et al. "Hydroxyapatite grafted carbon nanotubes and graphene nanosheets: Promising bone implant materials. " *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 132 (2014): 410-416.
- [41]Mudhafar, Mustafa, et al. "A Review Synthesis Methods of Ag Nanoparticles: Antibacterial and Cytotoxicity. "

anticancer, and antibacterial properties. " *International journal of nanomedicine* 11 (2016): 1835.

[58]Zhang, Lingling, et al. "Mechanistic investigation into antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles against E. coli. " *Journal of Nanoparticle Research* 12. 5 (2010): 1625-1636.

[58]Kavoosi Sommaye, Yaghoubi, Hashem, Synthesis of silver nanoparticles by green method using European marjoram plant extract (*Origanum majorana*) and investigation of its antimicrobial effects

[50]Song, Jae Yong, Hyeon-Kyeong Jang, and Beom Soo Kim. "Biological synthesis of gold nanoparticles using *Magnolia kobus* and *Diopyros kaki* leaf extracts. " *Process Biochemistry* 44. 10 (2009): 1133-1138.

[51]Das, Ratul Kumar, Nayanmoni Gogoi, and Utpal Bora. "Green synthesis of gold nanoparticles using *Nyctanthes arbortristis* flower extract. " *Bioprocess and biosystems engineering* 34. 5 (2011): 615-619.

[52]El Enshasy, H. A., El Marzugi, N. A., Elsayed, E. A., Ling, O. M., Malek, R. A., Ramli, S. (2018). Medical & ... , Kepli, A. N and Cosmetic Applications of Fungal Nanotechnology: Production Characterization, and Bioactivity. In *Fungal Nanobionics: Principles and Applications* .(pp. 21-59 Springer, Singapore.

[53] Nezamabadi, Vida, et al. "Biosynthesis and antibacterial activity of ZnO nanoparticles by *Artemisia aucheri* extract. " *Iranian Journal of Biotechnology* 18. 2 (2020): e2426.

[54]Thakkar, Kaushik N. , Snehit S. Mhatre, and Rasesh Y. Parikh. "Biological synthesis of metallic nanoparticles. " *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine* 6. 2 (2010): 257-262.

[55]Velusamy, Palaniyandi, et al. "Greener approach for synthesis of antibacterial silver nanoparticles using aqueous solution of neem gum (*Azadirachta indica* L.). " *Industrial crops and products* 66 (2015): 103-109.

[56]Vijayakumar, M. , et al. "Biosynthesis, characterisation and anti-bacterial effect of plant-mediated silver nanoparticles using *Artemisia nilagirica*. " *Industrial Crops and Products* 41 (2013): 235-240.

[57]Salehi, Soheil, et al. "Phytosynthesis of silver nanoparticles using *Artemisia marschalliana* Sprengel aerial part extract and assessment of their antioxidant,