

تولید سبز نانو ذره نقره با استفاده از عصاره گیاهی

شعله فیضی، پریناز قدم

دانشکده علوم زیستی، گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه الزهرا(س)

چکیده

نانو ذرات کاربردهای وسیعی دارند که همگی به دلیل اندازه کوچک آن‌ها می‌باشد. نانو ذرات انواع مختلفی دارند که بین آن‌ها نانو ذرات نقره از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و دارای اثرات ضد میکروبی و ضد التهاب می‌باشند. به طور کلی دو راه برای ساخت نانو ذرات وجود دارد که شامل روش‌های سبز و روش‌های غیر سبز می‌شوند. یکی از روش‌های سبز، روش زیستی است. در روش‌های زیستی نانو ذرات با استفاده از باکتری‌ها، مخمرها، اکتینومیسیت‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و گیاهان ساخته می‌شوند. از جمله مزیت‌های این روش‌ها نسبت به دیگر روش‌ها می‌توان به سازگاری با محیط زیست، کاربردهای نساجی، داروسازی و پزشکی، غیر سمی بودن برای انسان، تولید نانو ذرات در مقدار زیاد، در زمان کوتاه و صرفه‌ی اقتصادی آن‌ها اشاره کرد. به همین دلیل امروزه ساخت نانو ذرات توسط روش‌های زیستی مورد توجه محققان قرار گرفته است. در بین ارگانیسم‌های مختلف در روش‌های زیستی به نظر می‌رسد که گیاهان بهترین کاندیدا برای تولید نانو ذرات باشند. نانو ذرات تولید شده توسط گیاهان پایدارترند و نسبت به میکروارگانیسم‌های دیگر سریع‌تر تولید می‌شوند. به علاوه نانو ذرات تولید شده توسط گیاهان دارای تنوع در اندازه و شکل نسبت به ارگانیسم‌های دیگر هستند. با توجه به اهمیت این موضوع، در این مطالعه بررسی ساخت نانو ذرات نقره با استفاده از گیاهان و مواد احیا کننده موثر در ساخت نانو ذرات نقره موجود در عصاره گیاهان انجام شده است.

واژه‌های کلیدی:

pghadam@alzahra.ac.ir

۱-مقدمه

به تجمعات اتمی یا مولکولی با اندازه ۱۰۰-۱ نانومتر نانو ذره گفته می‌شود. به خاطر نسبت سطح به حجم که در نانو ذرات بیشتر از ذرات درشت تر می‌باشد، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی (ویژگی‌های مکانیکی، فضایی، هدایت الکتریکی و گرمایی، جذب نوری و نقطه ذوب) نانو ذرات در مقایسه با ذرات بزرگ متفاوت می‌باشند در حالی که ترکیب شیمیایی یکسانی دارند (۱). این خصوصیات، استفاده از نانو ذرات در زمینه‌هایی مثل الکترونیک، مغناطیس، اپتوالکترونیک، ذخیره اطلاعات، داروسازی، نوری، حسگرهای زیستی، مواد کامپوزیت، کامپوزیت‌های ساختاری، بسته‌بندی، روکش‌ها، افزودنی‌های سوخت و مواد منفجره، باتری-ها و پیل‌های سوختی، روان کننده‌ها، لوازم آرایشی، محافظت کننده‌ها، بهداشت، مکانیک، نور شناسی، صنایع شیمیایی، صنایع فضایی، انتقال ژن-دارو، آنالیز زیستی و تشخیص پزشکی، درمان سرطان، آب درمانی، عکاسی، تولید مواد غذایی، حسگرهای شیمیایی، ترانزیستورهای کامپیوتری، الکترومترها و طرح‌های حافظه و منطق الکترونیکی بیسیم، تصویر برداری پزشکی و وسایل پزشکی (افزایش دهنده فعالیت ضد میکروبی) را امکان پذیر کرده است (۲،۳).

نانو ذرات به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند. نانو ذرات آلی که شامل نانو ذرات کربن هستند و نانو ذرات معدنی که شامل نانو ذرات مغناطیسی، نانو ذرات فلزی و نانو ذرات نیمه هادی مثل تیتانیوم اکسید و اکسید روی می‌باشند. نانو ذرات معدنی شامل نانو ذرات نقره، طلا، آهن، پلاتین، تیتانیوم-نیکل، تیتانیوم، روی،

گوگرد-کادمیوم و غیره می‌باشند. نانو ذرات معدنی ابزارهای بالقوه برای تصویر برداری پزشکی و درمان بیماری‌ها هستند و به خاطر ویژگی‌های متنوع‌شان مثل دسترسی زیاد به آن‌ها، سازگاری محیطی خوب، توانایی آن‌ها برای انتقال دارو و کنترل آزاد شدن دارو از آن-ها به مقدار زیاد استفاده می‌شود (۴).

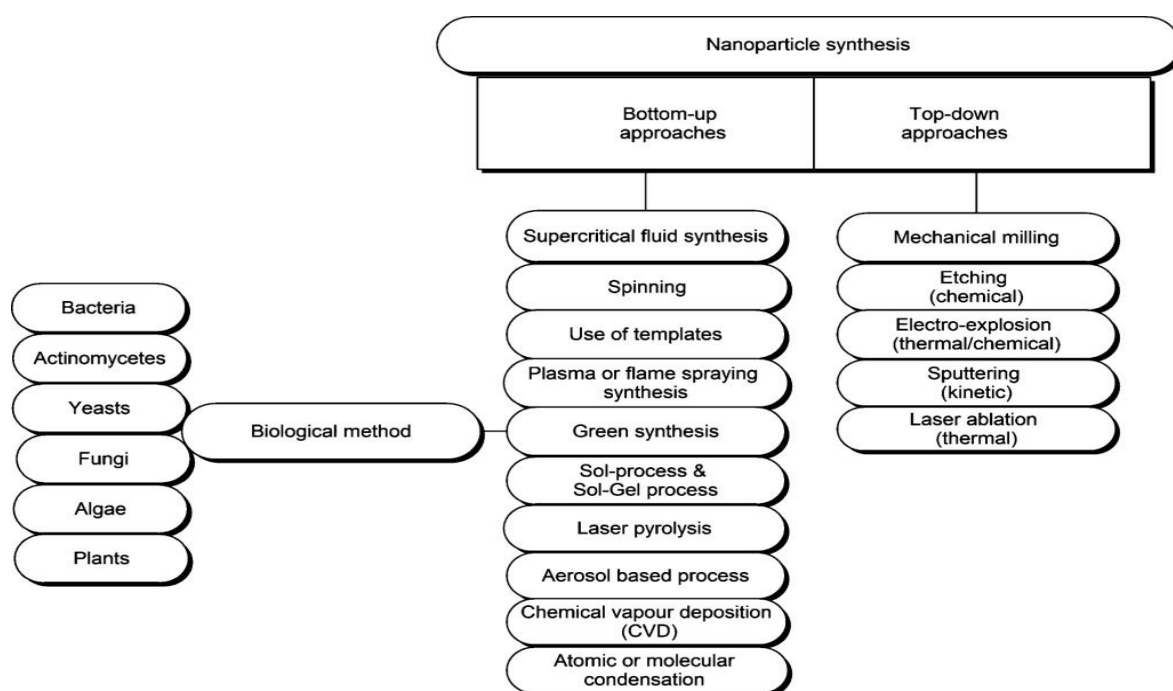
در بین نانو ذرات، نانو ذرات نقره از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. نانو ذره نقره به خاطر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و فعالیت زیستی‌اش نسبت به فلز نقره متفاوت است و خصوصیات مثل هدایت خوب، پایداری شیمیایی، فعالیت‌های کاتالیزوری و ضد باکتریایی دارد (۵،۶). خاصیت ضد میکروبی آن‌ها باعث شده است که در زمینه‌های مختلفی مثل دارویی، صنایع مختلف، دامداری حیوانات، بسته بندی و ذخیره مواد غذایی، لوازم یدکی و آرایشی داشته باشند (۲).

به طور کلی دو روش برای تولید نانو ذرات وجود دارند. روش‌های از بالا به پایین و روش‌های از پایین به بالا. در روش اول یک ماده در اندازه بزرگ به یک ماده در اندازه نانو تبدیل می‌شود و در روش دوم نانو ذرات را از اتم‌ها تولید می‌کنند (شکل ۱) (۵).

نانو ذرات می‌توانند با استفاده از روش‌های سبز و غیر سبز ساخته شوند. روش‌های غیر سبز شامل روش‌های شیمیایی و فیزیکی هستند. در روش‌های شیمیایی مواد شیمیایی که برای ساخت و پایداری نانو ذرات استفاده می‌شوند، سمی‌اند و به تولید محصولات جانبی منجر می‌شوند که با محیط زیست ناسازگارند. همچنین ساخت شیمیایی اغلب منجر به حضور بعضی از مواد سمی جذب شده به سطح نانو ذرات می‌شود که ممکن است اثر

فیزیکی دارای معایبی می‌باشند که از آن‌ها می‌توان به نیاز به فضا، انرژی و زمان اشاره کرد (۱). روش‌های سبز شامل روش‌های پلی‌ساکارید، تولنز، پرتو دهی، پلی‌اکسو متالیت و زیستی می‌باشند (۶). با توجه به اهمیتی که ساخت نانو ذرات، به ویژه نانو ذرات نقره، توسط روش‌های سازگار با طبیعت یا روش‌های سبز دارند، در این مطالعه ساخت زیست سازگار نانو ذرات نقره با استفاده از گیاهان بررسی شده است.

مضر بر روی استفاده دارویی از نانو ذرات بگذارد. در روش‌های شیمیایی مواد شروع کننده و واکنش دهنده زیادی استفاده می‌شوند که سمی و خطرناک هستند و می‌توانند برای محیط زیست مضر باشند. اگر چه این روش‌ها ممکن است نانو ذرات خالص تولید کنند ولی به پایدار کننده احتیاج دارند که از نانو ذرات در برابر تجمع یافتگی محافظت کنند. به علاوه این روش‌ها گران بوده و برای محیط زیست ضرر دارند. همچنین روش‌های



شکل ۱. روش‌های از بالا به پایین و از پایین به بالا (۵)

سلول ایجاد می‌کنند (۵). ساخت زیستی نانو ذرات یک نوع از روش‌های از پایین به بالا است که واکنش اصلی که اتفاق می‌افتد واکنش اکسایش کاهش است (۴).

۲-۱- گیاهان

ساخت نانو ذرات توسط گیاهان بسیاری انجام شده است (جدول ۱). ساخت نانو ذرات با استفاده از گیاهان، روشی سریع برای تولید نانو ذرات می‌باشد (۱). از بزرگترین فواید استفاده از عصاره گیاهان نسبت به باکتری‌ها و قارچ‌ها سریع بودن تولید نانو ذرات توسط آن‌ها می‌باشد (۴). عصاره گیاهان نسبت به میکرو-ارگانیسم‌ها برتری دارد چون هزینه جداسازی میکروارگانیسم‌ها و محیط کشت را کاهش می‌دهد. همچنین از مواد سمی استفاده نشده و گیاهان مواد احیا کننده و پایدار کننده طبیعی استفاده می‌کنند. گیاهان به طور وسیع پراکنده‌اند، به آسانی قابل دسترس و حمل بوده و منشأ متابولیت‌های متفاوتی می‌باشند. از دیگر مزایای گیاهان می‌توان به مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی، دوستدار طبیعت بودن و ساخت نانو ذرات در یک مرحله (بیشتر وقت‌ها) و وجود ترپنوئیدها و فلاونون‌های موجود در عصاره

۲- ساخت سبز

نیاز به روش‌های غیر سمی برای ساخت نانو ذرات منجر به توجه به روش‌های سبز شده است. عدم استفاده از مواد شیمیایی سمی، مواد پایدار کننده، انرژی زیاد، کنترل اندازه و شکل نانو ذرات، مقرون به صرفه بودن، دوستدار محیط زیست بودن، پایداری توسط بیومولکول‌ها مثل پروتئین‌ها، تولید به مقدار زیاد، زمان کمتر برای تولید، تولید آسان و ساده، سازگاری برای استفاده در زمینه‌های پزشکی، داروسازی و نساجی، عدم آلودگی، ارزان بودن، کنترل این روش‌ها در سطح مولکولی و توانایی بیومولکول‌ها در احیا و پایداری نانو ذرات در یک زمان از جمله فواید این روش‌ها می‌باشند (۱،۷). همچنین بیان شده است که نانو ذرات (نقره) که از طریق روش‌های سبز ساخته می‌شوند فعالیت ضد میکروبی بهتری در برابر میکروارگانیسم‌ها نشان می‌دهند (۸).

در روش‌های زیستی نانو ذرات با استفاده از باکتری‌ها، مخمرها، اکتینومیسیت‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و گیاهان ساخته می‌شوند. در این روش‌ها ساخت نانو ذرات با توجه به جایی که ایجاد می‌شوند به دو دسته تقسیم می‌شوند. روش‌هایی که نانو ذرات نقره را در خارج سلول تولید می‌کنند و آن‌هایی که نانو ذرات را در داخل



خام برگ، غلظت نیترات نقره، دما، پیگمان‌های موجود در عصاره برگ تعیین می‌شود. به خاطر تلاش‌های جهانی برای کاهش زباله-ها در خواست‌ها برای تولید سبز نانو ذرات افزایش یافته است. این روش‌ها بر ایمن بودن محصول تاکید دارند که این می‌تواند با استفاده از حلال‌های غیر مضر برای طبیعت و مواد شیمیایی غیر سمی در فرآیند ساخت بدست آورده شود (۱). عصاره گیاهان نسبت به بیوماس گیاه سلول‌های زنده برای تولید آسان و امن نانو ذرات نقره به مقدار زیاد مناسب است.

گیاهان برای پایداری نانو ذرات که بهتر از پروتئین‌ها با وزن مولکولی بالای موجود در بیوماس قارچ‌ها هستند اشاره کرد. مواد فیتوشیمیایی اصلی درگیر در تولید نانو ذرات شامل ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، کتون‌ها، آلدئیدها، آمیدها و کربوکسیلیک اسیدها اند. فلاونوئیدها، اسیدهای آلی و کوئینون‌ها از مواد فیتوشیمیایی محلول در آب هستند که مسئول احیا سریع یون‌ها می‌باشند (۱و۴). ساخت نانو ذرات نقره توسط این روش‌ها توسط چندین پارامتر که شامل منبع گیاه، ترکیبات آلی در عصاره

جدول ۱. عصاره گیاهانی که برای ساخت نانو ذرات نقره استفاده شده‌اند

مرجع	ماده موثره پیشنهادی برای ساخت نانو ذرات	شکل، اندازه نانو ذرات (nm) و یکنواختی آن‌ها	پایدار کننده	اسم گیاه یا مولکول استفاده شده
۹		۳-۲۰ توزیع غیر یکنواخت		برگ درخت مادرونیو یا درخت قطاب
۱۰	گروه‌های کربوکسیل موجود در عصاره	کروی ۱۲ توزیع غیر یکنواخت		برگ گیاه رز روگوزا
۱۱	کربوکسیل، آمین و ترکیبات فنلی	کروی و مثلثی و میله ای ۳۷-۴۴		ساقه گیاه <i>Cissus quadrangularis</i> (<i>Vitis quadrangularis</i>)
۱۲	فیتو استرول-ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، تری ترپنوئیدها، آمینو اسیدها و پروتئین‌ها	۱۵-۲۰	پروتئین، متابولیت‌ها مثل ترپنوئیدها، ترکیبات دارای گروه‌های عاملی مثل آمین، الکلف کتون، آلدئید، کربوکسیلیک اسید	برگ گیاه <i>Morinda pubescens</i>
۸	پلی ال‌ها و فنول‌ها	۶۸		ریشه گیاه زبان در قفا
۱۳	فلاونوئیدها و ترپنوئیدها	مثلثی ۴۲	فلاونوئیدها و ترپنوئیدها	برگ ریحان
۱۴	سلولز خود گیاه	کروی ۴-۵-۲۰ توزیع یکنواخت	سلولز خود گیاه	گیاه سنبل آبی
۱۵	متابولیت‌های محلول در آب گیاه‌ها مثل آلکالوئیدها، ترکیبات فنلی، ترپنوئیدها و کوآنزیم‌ها	کروی ۸-۴۰	بیومولکول‌هایی که دارای گروه‌های آمین اولیه، گروه کربونیل و گروه هیدروکسیلی هستند	دانه کاکوتی
۱۶	پروتئین‌های محلول در عصاره گیاه	کروی ۱۰-۲۵ توزیع غیر یکنواخت		برگ درخت مگس مرغ
۱۰		کروی و مثلثی ۱۰-۴۰ توزیع غیر یکنواخت		میوه گیاه دکمه طلایی
۱۷		۱۹-۲۵ توزیع یکنواخت		برگ گیاه پنیرک <i>Malva parviflora</i>
۱۸	آلکالوئید، آمینواسید، کربوهیدرات و پروتئین‌ها	۱۰-۲۵	آلکالوئید، آمینواسید، کربوهیدرات و پروتئین‌ها	برگ سوسن آتش
۱۹		مکعبی و شش ضلعی ۲۸	پلی ال‌ها	برگ گیاه <i>Andrographis paniculata</i>
۲۰	ترپنوئیدها	۴۰-۱۶ توزیع غیر یکنواخت	پروتئین	برگ گیاه شمعدانی عطری
۲۱	آمیدها، گروه‌های کربوکسیلی و آمینی و پلی‌فنل‌ها	کروی ۲۰-۹۰ توزیع غیر یکنواخت		برگ‌های چای سبز
۲۲	4-acetamido-TEMPO-oxidized curdlan	کروی ۱۵ توزیع غیر یکنواخت	4-acetamido-TEMPO-oxidized curdlan	4-acetamido-TEMPO-oxidized curdlan
۲۳	صمغ زانتان	کروی ۵-۴۰ توزیع غیر یکنواخت	صمغ زانتان	صمغ زانتان
۲۴	سدیم آلزینات	کروی ۱۲ توزیع غیر یکنواخت	سدیم آلزینات	سدیم آلزینات (کاتالیزور: امواج مایکروویو)

۲-۱-۱ مواد احیا کننده در گیاهان برای ساخت نانو ذرات

برای ساخت نانو ذرات به موادی نیاز است که خاصیت احیا کنندگی، یعنی توانایی انتقال الکترون به یون‌های فلزی را داشته باشند. از جمله این مواد می‌توان به آنتی اکسیدان‌ها اشاره کرد (جدول ۲). آنتی اکسیدان‌ها مولکول‌هایی هستند که اکسیداسیون مواد را به تاخیر می‌اندازند یا از اکسیداسیون آن‌ها جلوگیری می‌کنند. اکسیداسیون، واکنش شیمیایی است که در

طی آن الکترون‌ها از یک ماده به عامل اکسید کننده منتقل می‌شوند. واکنش‌های اکسیداسیون به صورت زنجیره‌ای بوده که آنتی اکسیدان‌ها از طریق برداشتن واسطه‌های رادیکالی و مهار واکنش‌های اکسیداسیون دیگر به این واکنش‌ها خاتمه می‌دهند. ناتوانی در عملکرد آنتی اکسیدان‌ها باعث تنش اکسیداتیو می‌شوند (۲۵).

جدول ۲. آنتی اکسیدان‌ها (۲۵)

ماده موثره		ماده موثره	
پروتئین‌ها	پروتئین - آنزیم	کاروتنوئیدها	گزامتیل- کاروتن
ویتامین‌ها و مشتقات آن‌ها	ویتامین A- ویتامین C ویتامین E- ویتامین K	کوفاکتور	کوآنزیم Q10
مواد معدنی	روی- سلنیم- مس	ترکیبات اورگانو سولفور	آریل سولفید- ایندول ها گلوتاتیون
ترکیبات غیر پروتئینی نیتروژن دار	اوریک اسید	هورمون‌ها	۱ استروژن- ملاتونین
ترکیبات شیمیایی وابسته به لیپیدها	یوبی کوئینول ۱۰ N-استیل سیستئین لیپوئیک اسید	ساپونین و استروئیدها	کورتیزون استرادیول استریول
ترکیبات فنلی	تانن‌های قابل تجزیه با آب تانن‌های متراکم- لیگنان- استیلین‌ها- ایزوفلاونوئیدها- فلاونوئیدها- کومارین‌ها فنولیک اسیدها	آلکالوئیدها	

۲-۱-۱-۲ تقسیم بندی آنتی اکسیدان‌ها

آنتی اکسیدان‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. آنتی اکسیدان‌های طبیعی و آنتی اکسیدان‌های ساخته شده. آنتی اکسیدان‌های طبیعی خود به دو دسته آنزیم‌ها و آنتی اکسیدان‌ها با وزن مولکولی پایین تقسیم می‌شوند. آنتی اکسیدان‌ها با وزن مولکولی پایین خود به دو دسته آنتی اکسیدان‌های محلول در آب (آسکوربیک اسید، اوریک اسید و فنل‌ها) و محلول در چربی (توکوفرول، کاروتنوئیدها، کوئینون‌ها، بیلی روبین و بعضی فنل‌ها) تقسیم می‌شوند (۲۶).

در زیر انواع آنتی اکسیدان‌ها که در گیاهان می‌توانند در احیای یون‌ها به نانو ذرات موثر باشند به طور مختصر- توضیح داده شده‌اند.

۲-۱-۱-۲-۱-۲ ترکیبات فنلی

ترکیبات فنلی مواد فیتوشیمیایی شناخته شده هستند که در تمام گیاهان یافت می‌شوند و به هفت گروه کلی تقسیم می‌شوند. ساختمان پایه‌ای همه آن‌ها شامل حلقه فنلی می‌باشد. آن‌ها در پاسخ به فشارهای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی مثل پاتوژن‌ها، حمله حشرات، اشعه فرابنفش و زخم تولید می‌شوند. فنل‌ها بر اساس واحدهای فنلی که دارند به دو دسته تقسیم می‌شوند که شامل فنل‌های ساده و پلی‌فنل‌ها می‌باشند. فنل‌های گیاهی شامل فنل‌های ساده، کومارین‌ها، لیگنین‌ها، لیگنان‌ها، تانین‌های متراکم

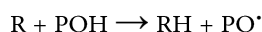
و تانین‌های قابل تجزیه با آب، فنولیک اسیدها و فلاونوئیدها می‌باشند.

خاصیت آنتی اکسیدانی ترکیبات فنلی از سه طریق اعمال می‌شود.

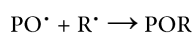
- خارج یا غیر فعال کردن گونه‌های رادیکالی مثل ROS/RNS
- مهار کردن تشکیل ROS/RNS از طریق مهار بعضی از آنزیم‌ها و یا به دام انداختن عناصر ضروری که در تولید رادیکال‌های آزاد نقش دارند.

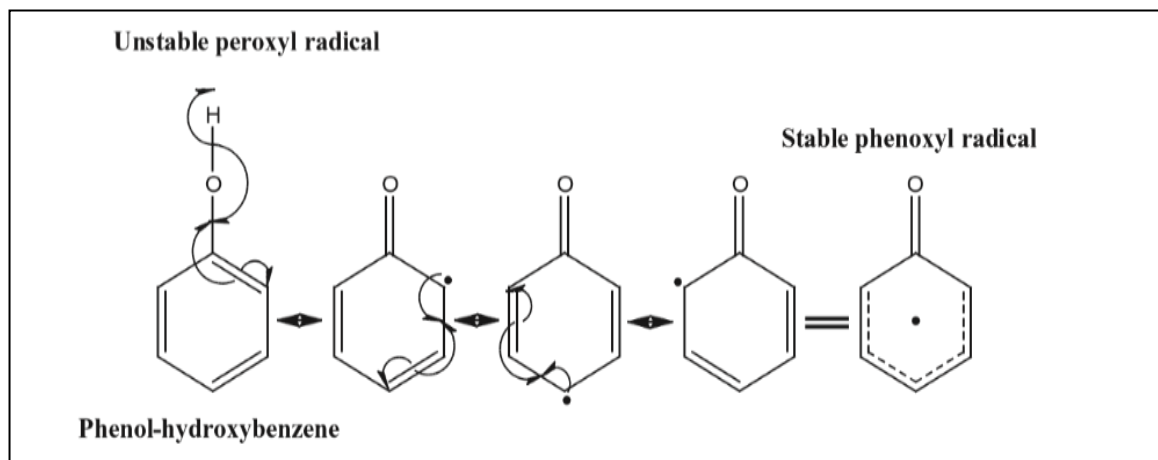
- تنظیم یا حمایت از دفاع آنتی اکسیدانی

ترکیبات فنلی به عنوان پذیرنده رادیکال‌های آزاد و شکننده زنجیره‌های آنتی اکسیدانی عمل می‌کنند. آن‌ها در اکسیداسیون لیپیدها و مولکول‌های دیگر از طریق دادن سریع یک اتم هیدروژن به رادیکال‌ها عمل می‌کنند که واکنش آن‌ها به شکل زیر می‌باشد.



رادیکال فنوکسی می‌انجی تولید شده از طریق رزونانس پایدار می‌شود (شکل ۲). بنابراین واکنش زنجیره‌ای دیگری به آسانی شروع نمی‌شود. آن‌ها همچنین با رادیکال‌های آزاد دیگر واکنش می‌دهند و پایان دهنده مسیر انتشار هستند (۲۷).



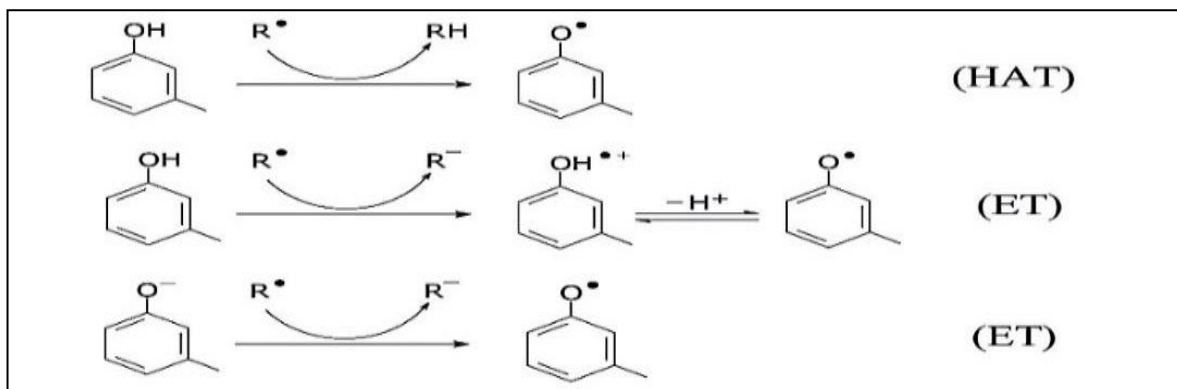


شکل ۲. مکانیسم اثر آنتی اکسیدانی فنلها؛ پایداری رزونانس ایجاد شده (۲۷)

تیروزین حاصل می‌شوند. ساختار آن‌ها سه حلقه‌ای است که تفاوت شان در الگوی هیدروکسیلاسیون، پرنیلاسیون، قلیایی شدن و گلیکوزیلاسیون می‌باشد. فلاونوئیدها می‌توانند تمام رادیکال‌های آزاد را خنثی کنند که این به خاطر گروه هیدروکسیل به دام اندازنده یون‌هایی می‌باشد که برای اکسیداسیون لازم هستند در نتیجه آن‌ها را برای اکسیداسیون غیر قابل دسترس می‌کنند. آن‌ها همچنین توانایی احیا کردن را دارند (شکل ۳) (۲۸).

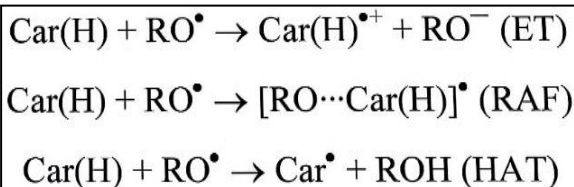
۲-۱-۱-۲-۲- فلاونوئیدها

فلاونوئیدها از جمله فنل‌های رایج می‌باشند که در بافت‌های گیاهی پخش شده‌اند و اغلب همراه کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها مسئول رنگ آبی، ارغوانی، زرد، نارنجی و قرمز گیاهان هستند. خانواده فلاونوئیدها شامل فلاون‌ها، فلاونول‌ها، ایزوفلاونول‌ها، آنتوسیانین‌ها، پروآنتوسیانیدین‌ها و کاتچین‌ها می‌باشند. همه آن‌ها از آمینواسیدهای آروماتیک فنیل آلانین و



شکل ۳. مکانیسم احیا شدن ترکیبات توسط فلاونوئیدها (۲۸)

و بتا کریپتوزانتین وزازانتین اشاره کرد. آن‌ها توانایی خاموش کردن رادیکال‌های آزاد را دارند. آلفا کاروتن با اکسیژن منفرد و رادیکال‌های پروکسیل، هیدروکسیل و سوپر اکسید میانکنش می‌کند (۳۰). واکنش کاروتنوئیدها به عنوان خنثی کننده رادیکال-ها شامل موارد زیر می‌باشد (شکل ۴) (۲۸).



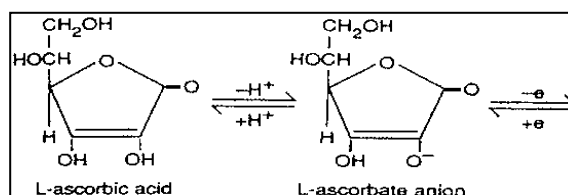
شکل ۴. سه واکنش خنثی کننده رادیکال‌ها توسط کاروتنوئیدها (ET) یعنی انتقال الکترون، HAT یعنی انتقال هیدروژن و RAF یعنی تشکیل اضافه رادیکال (۲۸)

۲-۱-۱-۲-۳- کاروتنوئیدها

کاروتنوئیدها خانواده ای از پیگمان‌ها می‌باشند که بیش از هفتصد ساختمان مختلف دارند. مهم‌ترین گروه از تتراترپن‌ها می‌باشند (۲۹). در گیاهان و ارگانسیم‌های فتوسنتز کننده و باکتری‌های غیر فتوسنتز کننده، قارچ‌ها، جلبک‌ها، مخمرها و کپک‌ها ساخته می‌شوند. ساختمان پایه‌ای آن‌ها ۴۰ کربن دارد که شامل زنجیره پلی‌ان دارای ۱۵-۳ باند دوگانه مزدوج می‌باشد که می‌توانند نور را جذب کنند و خاصیت آنتی اکسیدانی دارند. کاروتنوئیدها به دو گروه کاروتن و گزانتوفیل یا اگزوکاروتنوئیدها تقسیم می‌شوند. کاروتن‌ها فقط کربن و هیدروژن دارند و از جمله آن‌ها می‌توان به آلفا کاروتن، بتا کاروتن و لیکوپن‌ها اشاره کرد در حالی که گزانتوفیل‌ها حداقل یک اکسیژن علاوه بر هیدروژن و کربن دارند و از جمله آن‌ها می‌توان به لوتئین، آلفا

۲-۱-۱-۱-۴- ویتامین C

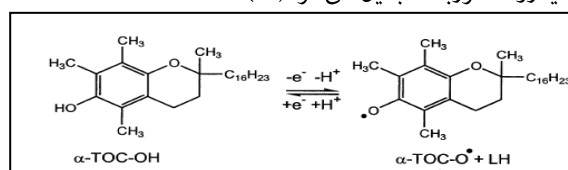
ویتامین C آنتی اکسیدانی محلول در آب است که کار آن غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد. ویتامین C می‌تواند در واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی الکترون بدهد و غیر فعال کننده رادیکال هیدروکسیل، اکسیژن منفرد و آنیون سوپراکسید باشد و رادیکال توکوفرول را به توکوفرول (ویتامین E) تبدیل می‌کند در نتیجه در حفظ غشا کمک می‌کند و نقش مهمی در کاهش آسیب توسط تنش اکسیداتیو دارد (شکل ۵). ویتامین C گونه‌های واکنشگر اکسیژن که محلول در آب هستند را از طریق انتقال سریع الکترون جمع آوری کرده و مانع پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود. ویتامین C از طریق گروه‌های هیدروکسیل خود یون‌های روی و منگنز را به دام می‌اندازد و از طریق اکسیژن سوم خود با کادمیم پیوند می‌دهد در حالی که جیوه باعث اکسیداسیون آن در آب می‌شود (۳۱).



شکل ۵. مکانیسم دادن یک اتم هیدروژن توسط ویتامین C (۳۱)

٢-١-١-١-٥- ویتامین E

توکوفرول به عنوان ویتامین E شناخته شده است. در غشای پلاستیدها و تیلاکوئیدها قرار دارد و عملکرد آنتی اکسیدانی و غیر اکسیدانی دارد (شکل ۶). چهار ایزوفرم از ویتامین E وجود دارد: آلفا، بتا، گاما و دلتا که فرم آلفا به خاطر سه گروه متیلی که دارد بیشترین خاصیت آنتی اکسیدانی را دارا می‌باشد. در کل خاصیت آنتی اکسیدانی آن‌ها به الگوی متیلاسیون و تعداد گروه‌های متیل که به حلقه فنولیک متصل است بستگی دارد. گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه آروماتیک مسئول فعالیت آنتی اکسیدانی ویتامین E است. هیدروژن از این حلقه به رادیکال‌های آزاد منتقل می‌شود و منجر به تشکیل رادیکال ویتامین E می‌شود که پایدار است. ویتامین E باعث جلوگیری از آزاد شدن یون‌های آهن و منیزیم از پروتئین‌های متصل شونده‌ی آن‌ها شده در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدها را کاهش می‌دهد. ویتامین E در تنظیم آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نیز نقش دارد. توکوفرول که دارای گروه هیدروکسیل می‌باشد یک هیدروژن که دارای یک الکترون است را به یک رادیکال آزاد انتقال می‌دهد در نتیجه باعث برداشته شدن رادیکال آزاد می‌شود و خودش به رادیکال تبدیل می‌شود که با کمک آسکوربیک اسید به فرم اولیه خود برگشته و آسکوربیک اسید به دِهیدرو آسکوربات تبدیل می‌شود (۳۰).



شکل ۶. مکانیسم عملکرد آنتی اکسیدانی ویتامین E (۳۰)

۲-۱-۱-۱-۶- تانها

تاننها از جمله ترکیبات پلی فنلی محلول در آب هستند که به دو دسته تقسیم می‌شوند. تانن‌های قابل تجزیه توسط آب و تانن-های متراکم. تانن‌های متراکم خاصیت آنتی اکسیدانی دارند و مانع از اکسیداسیون لیپیدها می‌شوند. به تانن‌های متراکم پروآنتوسیانیدین‌ها نیز گفته می‌شود. تانن‌های قابل تجزیه نسبت به متراکم‌ها خاصیت آنتی اکسیدانی قوی‌تری از خود نشان می‌دهند. تانن‌های متراکم ترکیبات فنلی پیچیده‌ای هستند که در نتیجه تجزیه آنزیمی یا غیر آنزیمی و یا تغییرات pH به فنولیک اسیدها و قندها تجزیه می‌شوند. ساختمان پایه‌ای تانن‌های قابل تجزیه با آب گالیک اسید و مشتقات آن می‌باشد. تانن‌های متراکم پیچیده‌تر از تانن‌های قابل تجزیه با آب می‌باشند و به مقدار بیشتر در گیاهان وجود دارند.

عملکرد آنتی اکسیدان، تانن‌ها شامل :

۱. مهار اکسیداسیون آسکوربیک اسید از طریق مسدود کردن یون کلسیم^{۲+} یا از طریق فعالیت غیر فعال کردن رادیکالها
۲. مهار پراکسیداسیون لیپیدی القا شده توسط ADP و آسکوربیک اسید یا ADP و NADPH
۳. خاصیت غیر فعال کردن رادیکالهای آزاد (۳۲)

٢-١-١-٧- ترينوئدها

ترپنوئیدها از واحد ایزوپرن تشکیل شده‌اند به همین دلیل به آن‌ها ایزوپرنوئید نیز می‌گویند که شامل منوترپن، سسکویی ترپن، دی‌ترپن، تری ترپن، تترا و پلی‌ترپن‌ها می‌باشند. به ترتیب ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۸ و بیش از ۸ واحد ایزوپرنی دارند. مهمترین ترپنوئیدها که به آن‌ها اسانس (Essential oils) نیز گفته می‌شود منوترپن‌ها و سسکویی ترپن‌ها هستند. منوترپن‌ها و سسکویی ترپن‌ها همانند دی‌ترپن‌ها خاصیت آنتی اکسیدانی از خود نشان داده‌اند که البته در محیط‌های آزمایشگاهی بوده است. شاید دلیل آنتی اکسیدانی اسانس‌ها به خاطر توانایی آن‌ها در انتقال هیدروژن به ترکیبات دیگر باشد. در کل مطالعات نشان می‌دهند که منوترپن‌ها و دی‌ترپن‌ها علاوه بر نقش‌شان در مهار پراکسیداسیون لیپیدها از طریق غیر فعال کردن رادیکال‌ها و دادن الکترون خاصیت آنتی اکسیدانی خود را اعمال می‌کنند. مطالعات همچنین نشان می‌دهند که منوترپنوئیدها آنتی اکسیدان‌های دیگر مثل آلفا توکوفرول را نیز حمایت می‌کنند (۲۹).

۲-۱-۱-۱-۸- قندها

قندهای دارای کربن آئومر آزاد در اثر ایزومریزاسیون در محلول به فرم خطی در می آیند و دارای گروه آلئیدی می شوند. گروه آلئیدی آن ها در اثر اکسیداسیون به گروه کربوکسیلی تبدیل می شود و از این طریق خاصیت احیا کنندگی خود را اعمال می کنند (۳۳).

۲-۱-۱-۱-۹- کلر وفیل

کلروفیل‌ها دو نوع هستند. کلروفیل a و b. آن‌ها دارای اتم منیزیم می‌باشند که وقتی اتم منیزیم در اثر کاهش pH از دست می‌رود به فتوفیتین تبدیل می‌شوند. آن‌ها دارای حلقه پورفیرین و دم ۲۰ کربنی فیتول می‌باشند که در کربن شماره ۱۷، کلروفیل را به شدت آب گرن کرده و باعث می‌شود که کلروفیل بتواند در غشا

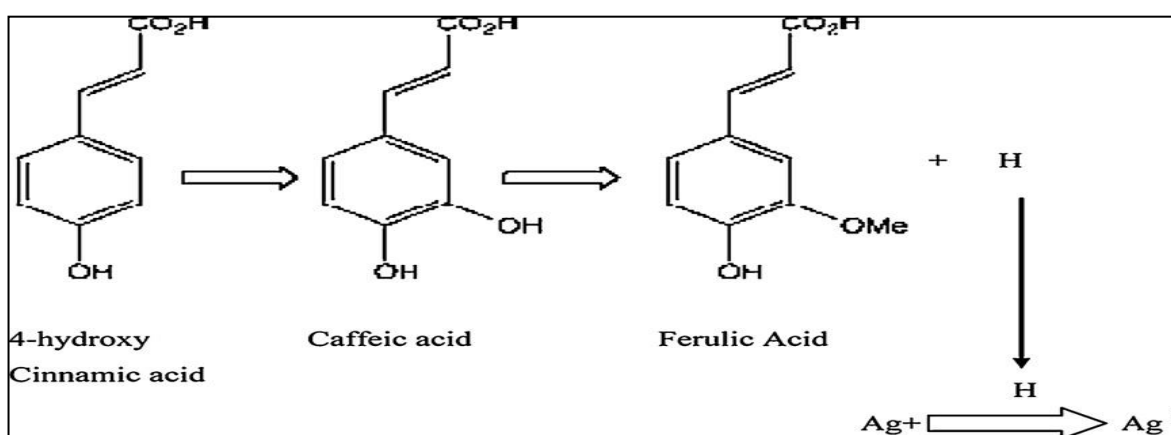
طریق به دام انداختن یونها و غیر فعال کردن رادیکالهای آزاد انجام می‌دهند (۳۴).

۲-۱-۲- مکانیسم‌های احتمالی ساخت نانو ذرات نقره در بعضی از روش‌های سبز

۲-۱-۲-۱- ساخت نانو ذرات نقره با استفاده از دانه‌های گیاه

Macrotyloma uniflorum

کافئیک اسیداز جمله فنولیک اسیدها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند. این ترکیب به خاطر گروه‌های هیدروکسیل ۳ و ۴ حلقه فنلی‌اش خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی از خود نشان می‌دهد. احتمال داده می‌شود که این ترکیب در این گیاه عامل موثره برای ساخت نانو ذرات نقره باشند (شکل ۷) (۳۵).

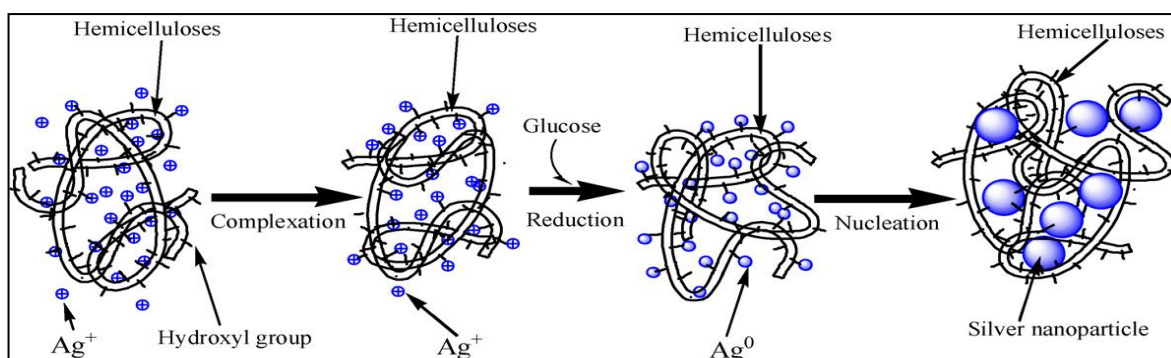


شکل ۷. مکانیسم احتمالی تشکیل نانو ذرات نقره با استفاده از دانه های گیاه *Macrotyloma uniflorum* (۳۵)

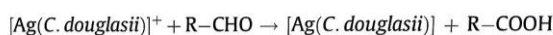
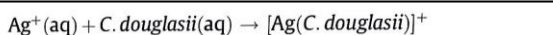
همی‌سلولز بامبو از آرایینوکسیلان‌ها تشکیل شده که تعداد زیادی گروه هیدروکسیل دارند. بنابراین نانو ذرات به وسیله گروه‌های هیدروکسیل و ساختمان ویژه همی‌سلولز محافظت می‌شوند. گروه‌های هیدروکسیل همی‌سلولز به تشکیل کمپلکس بین یون‌های نقره و مولکول‌های ماتریکس کمک می‌کنند و گروه‌های آلدئیدی گلوکز احیای یون‌های نقره را انجام داده و به گروه‌های کربونیل اکسایش می‌یابند. پیوند غیرکووالانسی تشکیل شده بین ذرات نقره و همی‌سلولز قوی‌تر از میانگنش بین ذرات نقره می‌باشند و این احتمالاً پیشنهاد می‌کند که ذرات نقره به خاطر الکترون‌گاتیوتی بالای گروه‌های هیدروکسیل همی‌سلولز، توسط آن پوشیده و پایدار می‌شوند (۳۶).

۲-۲-۱-۲- ساخت سبز نانو ذرات نقره با استفاده از همی‌سلولز گیاه بامبو (خیزران یا نی) و گلوکز به کمک امواج مایکروویو در محیط آبی

در این روش از همی‌سلولز بامبو به عنوان پایدار کننده و از گلوکز آن به عنوان عامل احیا کننده استفاده شده است. مکانیسم احتمالی واکنش در شکل ۸ نشان داده شده است. امواج مایکروویو برای افزایش سرعت واکنش و در نتیجه تولید نانو ذرات بیشتر و همچنین کریستالیزه شدن و هسته گذاری همگن مورد استفاده قرار گرفتند. همی‌سلولز از جمله هتروپلیمرهای فراوان در سلول‌های گیاهی می‌باشد. همی‌سلولزهای بامبو در محیط آبی به صورت زنجیره‌های هلیکسی و مارپیچ تصادفی در می‌آیند.



شکل ۸. شکل شماتیک نانو ذرات نقره پایدار شده با همی‌سلولز (۳۶)



شکل ۱۰. مکانیسم احتمال تشکیل نانو ذرات نقره (۳۸)

۲-۱-۲-۵- ساخت سبز نانو ذرات نقره با استفاده از پلی ساکارید locust bean gum - (LBG) polysaccharide

ال بی جی پلی ساکاریدی است که از واحدهای مانوز با پیوند بتا ۱ به ۴ تشکیل شده است که با پیوند آلفا ۱ به ۶ به واحدهای گالاکتوز به عنوان شاخه متصل می باشند. این پلی ساکارید از دانه های درخت خرنوب بدست می آید. ال بی جی به عنوان عامل احیا کننده و پایدار کننده استفاده می شود. گروه های هیدروکسیل و انتهای احیا کننده همی استیل تولید کننده نانو ذرات نقره می باشند. نانو ذرات نقره تشکیل شده در داخل ماتریکس پلیمر باقی مانده و محافظت می شوند (شکل ۱۱) (۳۹).

۲-۱-۲-۶- ساخت سبز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره میوه گیاه هلیله سیاه (اهلیج، هلج و یا هاری تازی)

نانو ذرات نقره با استفاده از مواد موجود در عصاره از جمله تانن های قابل تجزیه با آیف گالیک اسید، استر گالات و چولیک اسید احیا شده و پوشش پیدا می کنند. مکانیسم احتمال تشکیل نانو ذرات در شکل ۱۲ نشان داده شده است (۴۰).

۲-۱-۲-۷- ساخت سبز نانو ذرات نقره به وسیله نور خورشید با استفاده از سورفکتانت آنیونی سدیم دو دسیل سولفات

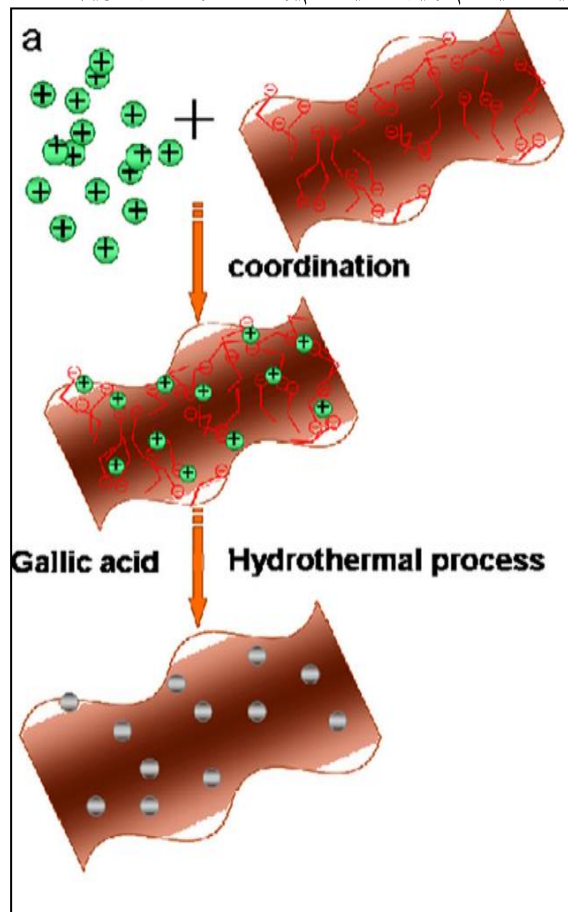
در این روش نمک نیترات نقره و سدیم دو دسیل سولفات در آب حل می شوند. سپس کمپلکس نقره-دو دسیل سولفات تشکیل می شود که با دریافت یک فوتون به ذره نقره و رادیکال دو دسیل سولفات تبدیل می شود که با تغییر آرایش پیوند گوگرد-اکسیژن و گوگرد-اکسیژن-کربن در سولفات موجود در مولکول دو دسیل سولفات پایدار می شود (شکل ۱۳) (۴۱).

۲-۱-۲-۸- ساخت سبز و سریع نانو ذرات نقره بسیار پایدار با استفاده از عصاره گیاه سیر به کمک نور خورشید

مکانیسم تشکیل نانو ذرات نقره که در زیر نشان داده شده است به این ترتیب می باشد که کاتیون دی آمونیوم نقره به ترکیبات موجود در عصاره سیر متصل شده و باعث شکست پیوند نقره-نیتروژن می شود و باعث ایجاد اکسید نقره می شود. منشا اتم اکسیژن برای این واکنش می تواند از آلایل-سیستئین که ترکیب اصلی عصاره گیاه است باشد. اکسید نقره نیمه هادی می باشد و وقتی در معرض نور خورشید قرار می گیرد الکترون هایش برانگیخته شده و حفره هایی با بار مثبت در آن ایجاد می شوند. سپس الکترون ها یون های دی آمونیوم نقره را به اتم های نقره احیا می کنند. خوشه های نقره از انباشتگی اتم های نقره و یون های دی آمونیوم نقره روی هم ایجاد می شوند (شکل ۱۴). حفره ایجاد شده ممکن است از طریق گروه هیدروکسیل ترکیبات عصاره خنثی شود. نانو ذرات از طریق پروتئین های موجود در عصاره پایدار می شوند. نور خورشید به عنوان کاتالیزور عمل می کند و سرعت واکنش ها را بالا می برد (۴۲).

۲-۱-۲-۳- تولید سبز نانو ذرات نقره آرایش یافته با گرfin اکسید

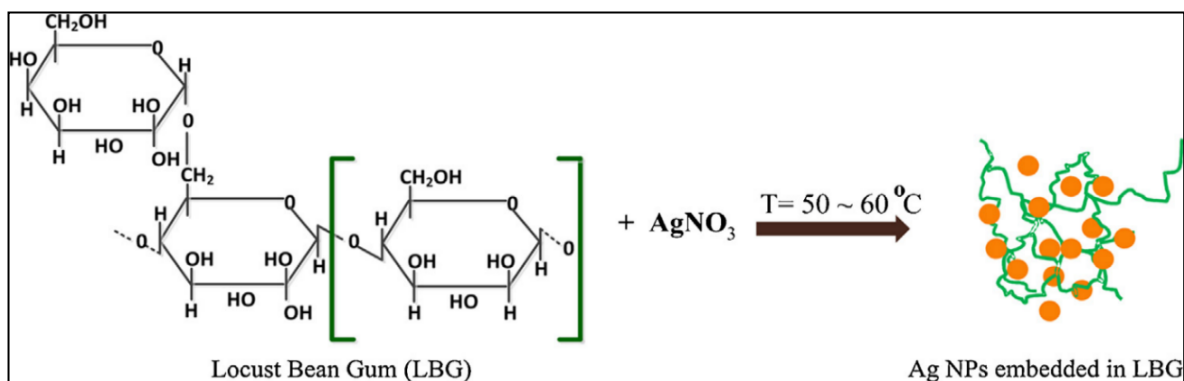
در این روش هیبرید نانو ذرات نقره-گرافین اکسید احیا شده روی ورقه های گرfin اکسید کاهش یافته از طریق روش گرمایی (هیدروترمال) به وسیله گالیک اسید به عنوان ماده احیا کننده آرایش می یابند (شکل ۹). در اینجا از گرfin که سطح بزرگ و هدایت الکتریکی بالایی دارد به عنوان ماده حفاظت کننده استفاده می شود. مکانیسم تشکیل نانو ذرات نقره به این ترتیب است که در ابتدا یون های نقره با گروه های عملکردی دارای اکسیژن که دارای بار منفی هستند روی ورقه گرfin اکسید هماهنگ (متناسب) می شوند بعد فرآیند هیدروترمال انجام می شود و در حضور گالیک اسید هیبرید نانو ذرات نقره-گرfin اکسید کاهش یافته ایجاد می شود. در طی فرآیند هیدروترمال با حضور گالیک اسید هم گرfin اکسید و هم یون های نقره کاهش می یابند (۳۷).



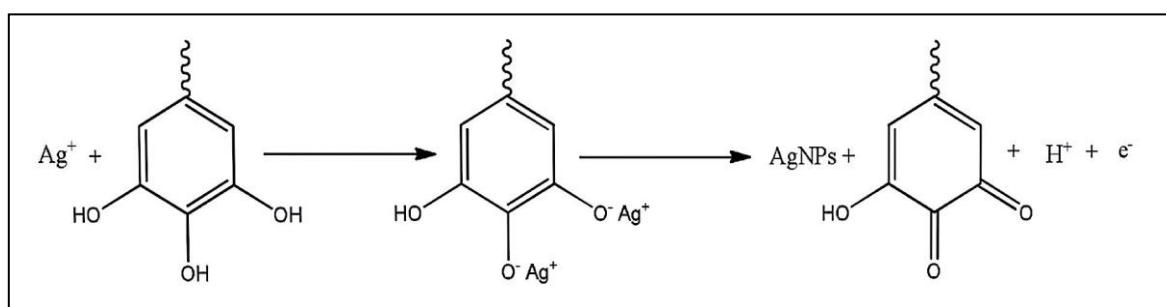
شکل ۹. شکل شماتیک آماده سازی هیبرید نانو ذرات نقره- گرfin اکسید کاهش یافته (۳۷)

۲-۱-۲-۴- ساخت سبز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره میوه زالزالک

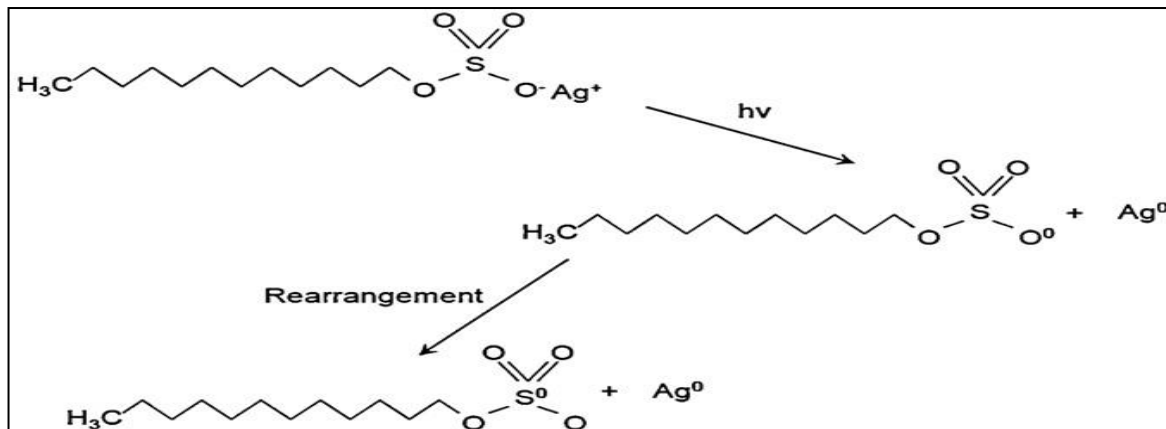
عصاره میوه زالزالک به عنوان ماده احیا کننده و پایدار کننده عمل می کند. ابتدا یون های نقره در عصاره آبی میوه پراکنده می شوند و به صورت کمپلکس در می آیند، بعد یون های نقره توسط گروه های آلدئیدی به نانو ذرات نقره احیا شده (شکل ۱۰) و گروه های آلدئیدی خود به گروه های کربوکسیل احیای می شوند (۳۸).



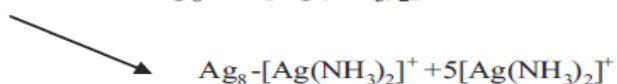
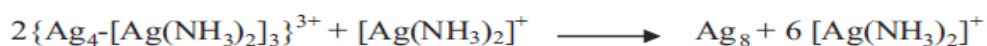
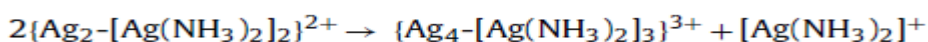
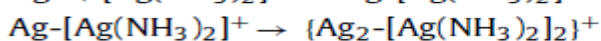
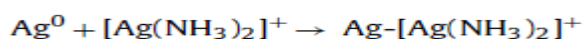
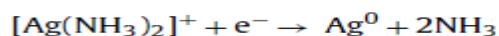
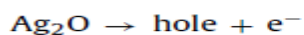
شکل ۱۱. مکانیسم احتمالی تشکیل نانو ذرات نقره با استفاده از پلی ساکارید ال بی جی (۳۹)



شکل ۱۲. مکانیسم احتمال تشکیل نانو ذرات نقره (۴۰)



شکل ۱۳. مکانیسم احتمالی تشکیل نانو ذرات نقره (۴۱)



۹-۲-۱-۲- ساخت ساده و سبز هیبرید نانو ذرات نقره- پروتئین آلبومین سرم گاو با کمک امواج فراصوت مکانیسم تولید نانو ذرات نقره به این ترتیب می‌باشد که یون‌های نقره از طریق گروه‌های تیول یعنی گوگرد- هیدروژن سیستمین و گروه‌های هیدروکسیل فنلی و کربوکسیل در زنجیره جانبی پروتئین آلبومین سرم گاو انجام احیا می‌شوند. از امواج فراصوت برای افزایش سرعت واکنش استفاده شده است. ذرات نقره به وسیله آلبومین سرم گاو پوشیده می‌شوند و هیبرید پایدار نقره- پروتئین ایجاد می‌شود (۴۳).

۱۰-۲-۱-۲- ساخت سبز و دوستدار طبیعت نانو ذرات نقره با استفاده از ژلاتین به عنوان پایدار کننده و دکستروز به عنوان احیا کننده

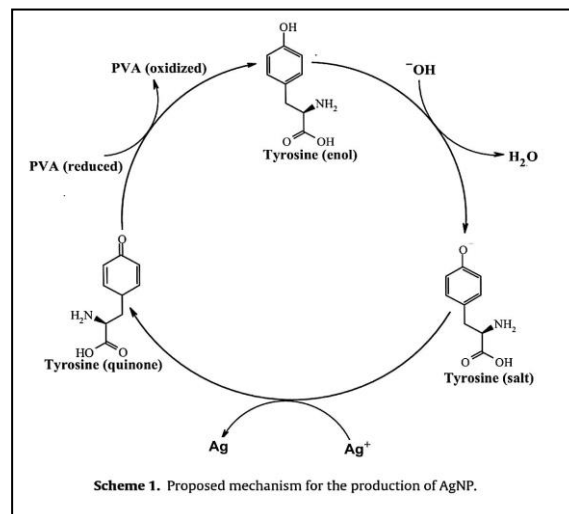
در این روش یون‌های نقره از طریق دکستروز احیا شده و با ژلاتین پوشیده می‌شوند. میانکنش بین ژلاتین و نانو ذرات نقره از نوع الکترواستاتیک می‌باشد (۴۴).

۱۱-۲-۱-۲- ساخت سبز و یک مرحله ای نانو ذرات نقره با استفاده از کندروپتین سولفات

کندروپتین سولفات گلوکز آمینوگلیکانی است که دارای سولفات می‌باشد و واحدهای ان- استیل گالاکتوز آمین و کلوکوروکسید تشکیل شده است. کندروپتین سولفات هم به عنوان ماده احیا کننده و هم به عنوان ماده پوشش دهنده نانو ذرات نقره عمل می‌کند (۴۵).

۱۲-۲-۱-۲- ساخت سبز و دوستدار طبیعت نانو ذرات نقره با استفاده از تیروزین به عنوان احیا کننده و پلی وینیل الکل به عنوان پایدار کننده به کمک امواج فراصوت

مکانیسم تولید نانو ذرات نقره از تیروزین به این ترتیب می‌باشد که تیروزین در فرم انولی یک الکترون به یون نقره می‌دهد و تبدیل به فرم کوئینون خود می‌شود. سپس پلی وینیل الکل اکسید شده و آن را به فرم اولیه خود بر می‌گرداند. امواج فراصوت سرعت و بازده واکنش را بالا برده و باعث بهبود توزیع اندازه نانو ذرات می‌شوند. پلی وینیل الکل علاوه بر نقش احیا کنندگی نانو ذرات را پوشش داده و باعث پایداری آن‌ها می‌شود (شکل ۱۴) (۴۶).



شکل ۱۴. مکانیسم فرضی تولید نانو ذرات نقره (۴۶)

۱۳-۲-۱-۲- ساخت سبز نانو ذرات نقره پوشیده شده با نشاسته در تولید نانو ذرات نقره با استفاده از مالتوز، مالتوز عامل احیا کننده و نشاسته عامل پایدار کننده می‌باشد. یون‌های نقره با نشاسته کمپلکس تشکیل می‌دهند و مالتوز موجود به دو گلوکز تبدیل می‌شود که به فرم خطی تبدیل شده که دارای گروه آلدهیدی هستند. گروه آلدهیدی گلوکزها یون‌های نقره را احیا می‌کند و خود به گروه کربوکسیلی اکسید و گلوکرونیک اسید ایجاد می‌شود (شکل ۱۵) (۴۷).

۱۴-۲-۱-۲- ساخت سبز نانو ذرات نقره با استفاده از وانیلیک اسید

وانیلیک اسید ترکیبی است دارای پیوندهای دوگانه و گروه‌های هیدروکسیلی که عامل احیا کننده و عامل پوشش دهنده نانو ذرات می‌باشند (۴۸).

۱۵-۲-۱-۲- ساخت سبز، آسان، سریع و دوستدار طبیعت نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره برگ گیاه فلفل دلمه‌ای

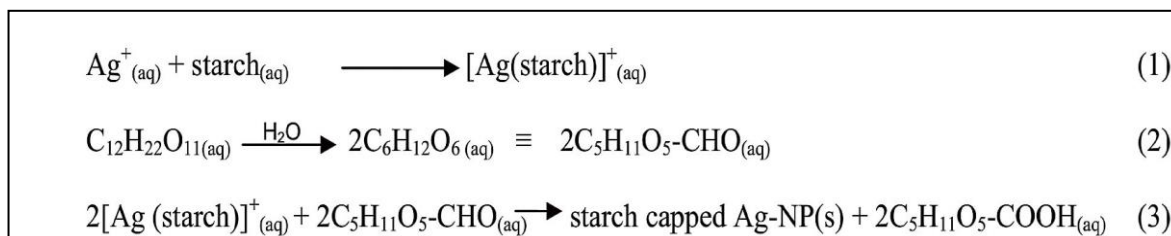
مکانیسم تولید نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره این گیاه به این ترتیب می‌باشد که یون‌های نقره از طریق میانکنش‌های الکترواستاتیک در سطح پروتئین‌های موجود در عصاره به دام می‌افتند و به نانو ذرات نقره احیا می‌شوند. سپس ساختار دوم پروتئین‌ها تغییر کرده و نانو ذرات نقره به صورت توده در می‌آیند و پایدار می‌شوند (شکل ۱۶) (۴۹).

۱۶-۲-۱-۲- ساخت سبز نانو ذرات نقره با استفاده از ژرانیول ژرانیول از جمله منوترپنوئیدها که دارای پیوندهای دوگانه و گروه‌های هیدروکسیلی است و باعث احیای یون‌های نقره به نانو ذرات نقره می‌شود (۵۰).

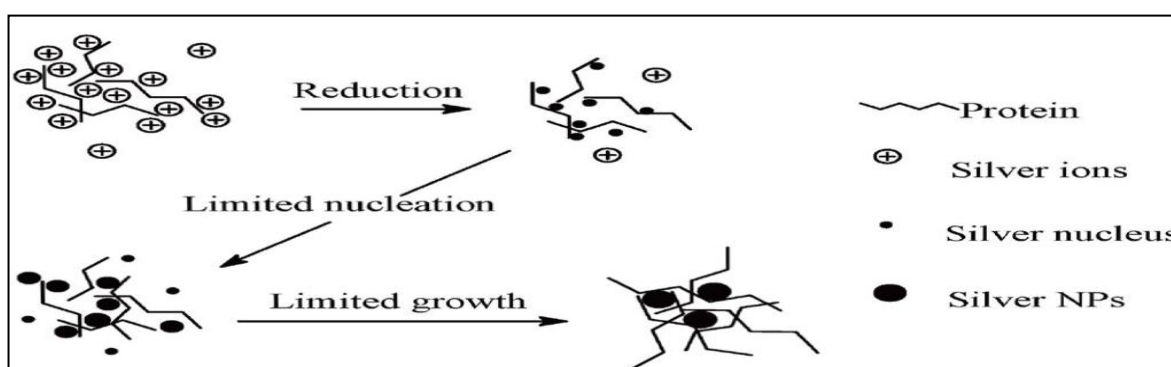
۳- نتیجه گیری

روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی متنوعی برای تولید نانو ذرات فلزی استفاده شده‌اند. بیشتر این روش‌ها در مرحله پیشرفت هستند و مشکلاتی در آن‌ها وجود دارد که شامل پایداری و تجمع یافتن نانو ذرات، کنترل رشد کریستال‌ها، مورفولوژی، اندازه و توزیع اندازه نانو ذرات می‌باشند. علاوه بر آن‌ها جدا کردن نانو ذرات تولید شده برای استفاده باید مورد بررسی قرار بگیرد. با توجه به بررسی‌های انجام شده نشان داده شده که نانو ذرات تولید شده توسط گیاهان نسبت به میکروارگانیسم‌ها پایدارترند. همچنین گیاهان (به ویژه عصاره آن‌ها) توانایی تولید نانو ذرات فلزی با سرعت بالاتری را نسبت به قارچ‌ها و باکتری‌ها دارند. علاوه بر این، برای استفاده از یک روش سبز ایمن و آسان، تولید زیاد و صنعتی نانو ذرات فلزی با توزیع اندازه خوب عصاره گیاهان نسبت به بیوماس گیاهان و یا گیاهان زنده بهتر می‌باشد. امروزه محققان توجه خود را برای پی بردن به چگونگی مکانیسم‌ها و فرایندهای آنزیمی ساخت زیستی نانو ذرات و همچنین شناسایی و بررسی خصوصیات بیومولکول‌های درگیر در ساخت نانو ذرات فلزی متمرکز کرده‌اند. بیومولکول‌های زیادی در گیاهان مانند پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، آمینواسیدها، پلی ساکاریدها، آلکالوئیدها، ترکیبات الکلی و ویتامین‌ها می‌توانند در احیای زیستی، تشکیل و پایداری نانو ذرات فلزی درگیر باشند.

پتانسیل احیای یونها و ظرفیت احیا کنندگی گیاهان بستگی به حضور پلی فنلها، آنزیمها و دیگر عوامل شلات کننده که در گیاهان موجودند دارد و می تواند اثر مهمی در مقدار تولید نانو ذرات داشته باشد (۵).



شکل ۱۵. مکانیسم احتمالی واکنش شیمیایی درگیر در تولید نانو ذرات پوشیده شده با نشاسته کاهش پیدا کرده با مالتوز (۴۷)



شکل ۱۶. مکانیسم احتمالی تشکیل نانو ذرات نقره (۴۹)

۴- منابع

- Karnani R. and Chowdhary A.. Biosynthesis of silver nanoparticle by eco-friendly method. Indian Journal of NanoScience. 2013, 1, 25-31.
- Korbekandi H. and Iravani S.. Silver nanoparticles, the delivery of nanoparticles, Dr. Abbass A. Hashim (Ed.), ISBN: 978-953-51-0615-9, InTech. 2012.
- Forough M. and Farhadi K.. Biological and green synthesis of silver nanoparticles. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences. 2010, 34, 281 – 287.
- Tamasa P.. Synthesis and Characterization of silver nanoparticles using leaf extract of Azadirachta indica. Master of science. National Institute of Technology ROURKELA-769008, ORISSA, INDIA. 2013.
- Kaler A. , Patel N. and Banerjee U.. Green synthesis of silver nanoparticles. Cerrent Research and Information on Pharmaceutical Sciences. 2010, 11, 68-71.
- Ghorbani H., Safekordi A. and Sorkhabadi S.. Biological and non-biological methods for silver nanoparticles synthesis. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 2011, 25, 317-326.
- Devi J., Bhimba B. and Peter D.. Production of biogenic silver nanoparticles using Sargassum longifolium and its applications. Indian Jorنال of Geo Marin Sciences. 2013, 42, 125-130.
- Suresh G., Gunasekar P., Kokila D., Prabhu D., Dinesh D., Ravichandran N., Ramesh B., Koodalingam A. and Siva G.. Green synthesis of silver nanoparticles using Delphinium denudatum root extract exhibits antibacterial and mosquito larvicidal activities. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2014, 127, 61-66.
- Kouvaris P., Delimitis A., Zaspalis V., Papadopoulos D., Tsiapas S. and Michailidis N.. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles produced using Arbutus Unedo leaf extract. Materials Letters. 2012, 76, 18-20.
- Dubey S., Lahtinen M. and Sillanp M.. Green synthesis and characterizations of silver and gold nanoparticles using leaf extract of Rosa rugosa. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2010, 364, 34-41.
- Vanaja M., Gnanajobitha G., Paulkumar K., Rajeshkumar S., Malarkodi C. and Annadurai G.. Phytosynthesis of silver nanoparticles by Cissus quadrangularis: influence of physicochemical factors. Journal of Nanostructure in Chemistry. 2013, 3, 1-8.

12. Jancy M. and Inbthamizh L.. Green synthesis and characterzation of nano silver using leaf extract of Morida pubescens. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 2012, 5, 159-162.
13. Rao Y., Kotakadi V., Prasad T., Reddy A. and Gopal D.. Green synthesis and spectral characterization of silver nanoparticles from Lakshmi tulasi (*Ocimum sanctum*) leaf extract. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2013, 103, 156-159.
14. Mochochoko T., Oluwafemi O., Jumbam D. and Songca S.. Green synthesis of silver nanoparticles using cellulose extracted from an aquatic weed; water hyacinth. Carbohydrate Polymers. 2013, 98, 290- 294.
15. Sadeghi B. and Gholamhoseinpoor F.. A study on the stability and green synthesis of silver nanoparticles using *Ziziphora tenuior* (Zt) extract at room temperature. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2015, 134, 310-315.
16. Das P. and Velusamy P.. *Sesbania grandiflora* leaf extract mediated green synthesis of antibacterial silver nanoparticles against selected human pathogens. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2013, 104, 265-270.
17. Zayed M., Eisa W. and Shabaka A.. *Malva parviflora* extract assisted green synthesis of silver nanoparticles. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2012, 98, 423-428.
18. Ashokkumar S., Ravi S. and Velmurugan S.. Green synthesis of silver nanoparticles from *Gloriosa superba* L. leaf extract and their catalytic activity. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2013, 115, 388-392.
19. Sulochana S., Krishnamoorthy P. and Sivaranjani K.. Synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Andrographis paniculata*. Journal of Pharmacology and Toxicology. 2012, 7, 251- 258.
20. Shankar S., Ahmad A. and Sastry M.. Geranium leaf Assisted Biosynthesis of Silver Nanoparticles. Biotechnology Progress. 2003, 19, 1627-1631.
21. Sun Q., Cai X., Li J., Zheng M., Chen Z. and Yu C.. Green synthesis of silver nanoparticles using tea leaf extract and evaluation of their stability and antibacterial activity. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2014, 444, 226- 231.
22. Yana J., Caia P., Caoa X., Ma H., Zhang Q., Hu N. and Zhao Y.. Green synthesis of silver nanoparticles using 4-acetamido-TEMPO-oxidized curdlan. Carbohydrate Polymers. 2013, 97, 391- 397.
23. Xu W., Jin W., Lin L., Zhang C., Li Z., Li Y., Song R. and Li B.. Green synthesis of xanthan conformation-based silver nanoparticles: Antibacterial and catalytic application. Carbohydrate Polymers. 2014, 101, 961-967.
24. Zhao X., Xia Y., Li Q., Ma X., Quan F., Geng C. and Han Z.. Microwave - assisted synthesis of silver nanoparticles using sodium alginate and their antibacterial activity. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2014, 444, 180- 188.
25. Sies H.. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. Experimental Physiology. 1997, 82, 291-295.
26. Nahak G., Suar M. and Sahu R.. Antioxidant potential and nutritional values of vegetables: A Review. Research Journal of Medicinal Plant. 2014, 8, 50-81.
27. Azmi N.. Extraction of antioxidant activity, phenolic content and minerals in Babana peel. Bachelor of chemical engineering (biotechnology). Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering University Malaysia Pahang, 2010.
28. Flora S.. Structural, chemical and biological aspects of antioxidants for strategies against metal and metalloid exposure. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2009, 2, 191-206.
29. Awaadi A. and AL- Jaber N.. Antioxidant natural plant. Ethnomedicine: Source & Mechanism I. 2010, Vol. 27, pp. 1-35.
30. Han R., Zhang J. and Skibsted L.. Reaction dynamics of flavonoids and carotenoids as antioxidants. Molecules. 2012, 17, 2140-2160.
31. Dai J. and Mumper R.. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules. 2010, 15, 7313-7352.
32. Grabmann J.. Terpenoids as plant antioxidants. Vitamins and Hormones. 2005, 72, 505-535.
33. Campbell M. and Farrell S. *Biochemistry*. Cengage Learning. 2012.
34. Hsu C., Chao P., Hu S. and Yang C.. The Antioxidant and free radical scavenging activities of chlorophylls and pheophytins. Food and Nutrition Sciences. 2013, 4, 1-8.
35. Vidhu V., Aromal S., Vidhu D., Aromal S. and Philip D.. Green synthesis of silver nanoparticles using



- Macrotyloma uniflorum. Spectrochimica Acta Part A. 2011, 83, 392– 397.
36. Penga H., Yanga A. and Xiong J.. Green, microwave-assisted synthesis of silver nanoparticles using bamboo hemicelluloses and glucose in an aqueous medium. Carbohydrate Polymers. 2013, 91, 335-348.
 37. Wang M., Shen T., Wang M., Zhang D. and Chen J.. One pot green synthesis of Ag nanoparticles-decorated reduced graphene oxide for efficient nonenzymatic H₂O₂ biosensor. Materials Letters. 2013, 103, 311–314.
 38. Ghaffari-Moghaddam M. and Hadi-Dabanlou R.. Plant mediated green synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles using Crataegus douglasii fruit extract. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2014, 20, 739–744.
 39. Tagad C., Dugasani S., Aiyer R., Park S., Kulkarni A. And Sabharwal S.. Green synthesis of silver nanoparticles and their application for the development of optical fiber based hydrogen peroxide sensor. Sensors and Actuators B. 2013, 183, 144– 149.
 40. Edison T. and Sethuraman M.. Instant green synthesis of silver nanoparticles using Terminalia chebula fruit extract and evaluation of their catalytic activity on reduction of methylene blue. Process Biochemistry. 2012, 47, 1351–1357.
 41. Gautam S., Dubey P. and Gupta M.. A facile and green ultrasonic-assisted synthesis of BSA conjugated silver nanoparticles. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2013, 102, 879– 883.
 42. Rastogi L. and Arunachalam J.. Sunlight based irradiation strategy for rapid green synthesis of highly stable silver nanoparticles using aqueous garlic (Allium sativum) extract and their antibacterial potential. Materials Chemistry and Physics. 2011, 129, 558– 563.
 43. Gautam S., Dubey P. and Gupta M.. A facile and green ultrasonic-assisted synthesis of BSA conjugated silver nanoparticles. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2013, 102, 879– 883.
 44. Mohana S., Oluwafemi O., George S., Jayachandran V., Lewue F., Songca S., Kalarikkala N. and Thomas S.. Completely green synthesis of dextrose reduced silver nanoparticles, its antimicrobial and sensing properties. Carbohydrate Polymers. 2014, 106, 469–474.
 45. Cheng K., Hung Y., Chen C., Liua C. and Young J.. Green synthesis of chondroitin sulfate-capped silver nanoparticles: Characterization and surface modification. Carbohydrate Polymers. 2014, 110, 195– 202.
 46. Swadhin S., Pranesh C., Prasanta S. and Sinha B.. Ultrasound assisted green synthesis of poly (vinyl alcohol) capped silver nanoparticles for the study of its antifilarial efficacy. Applied Surface Science. 2014, 288, 625–632.
 47. Oluwafemi O., Vuyelwa N., Scriba M. and Songca S.. Green controlled synthesis of monodispersed, stable and smaller sized starch-capped silver nanoparticles. Materials Letters. 2013, 106, 332–336.
 50. Zamani H. and Moradshahi A.. Synthesis and coating of nanosilver by vanillic acid and its effects on Dunaliella salina Teod. Molecular Biology Research Communications. 2013, 2, 47-55.
 48. Li S., Shen Y., Xie A., Yu X., Qiu L., Zhang L. and Zhang Q.. Green synthesis of silver nanoparticles using Capsicum annum L. extract. The Royal Society of Chemistry. 2007, 9, 852– 858.
 49. Safaeipour M., Shahverdi A., Shahverdi H., Khorramizade M. and Gohari A.. Green Synthesis of small silver nanoparticles using Geraniol and its cytotoxicity against fibrosarcoma-wehi 164. Avicenna Journal of Medical Biotechnology. 2009, 1, 111-115.