Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science & Technology

Available online @ www.jscw.icrc.ac.ir
Journal of Studies on Color World, 12, 2(2022), 133-158
Article type: Review article
Open access

مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

A Review on Multifunctional Coating of Textiles via Silver Nanoparticles Synthesized with Plant Sources

Siyamak Safapour*, Fatemeh Liaghat
Faculty of Carpet, Tabriz Islamic Art University, P. O. BOX 51385-4567, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

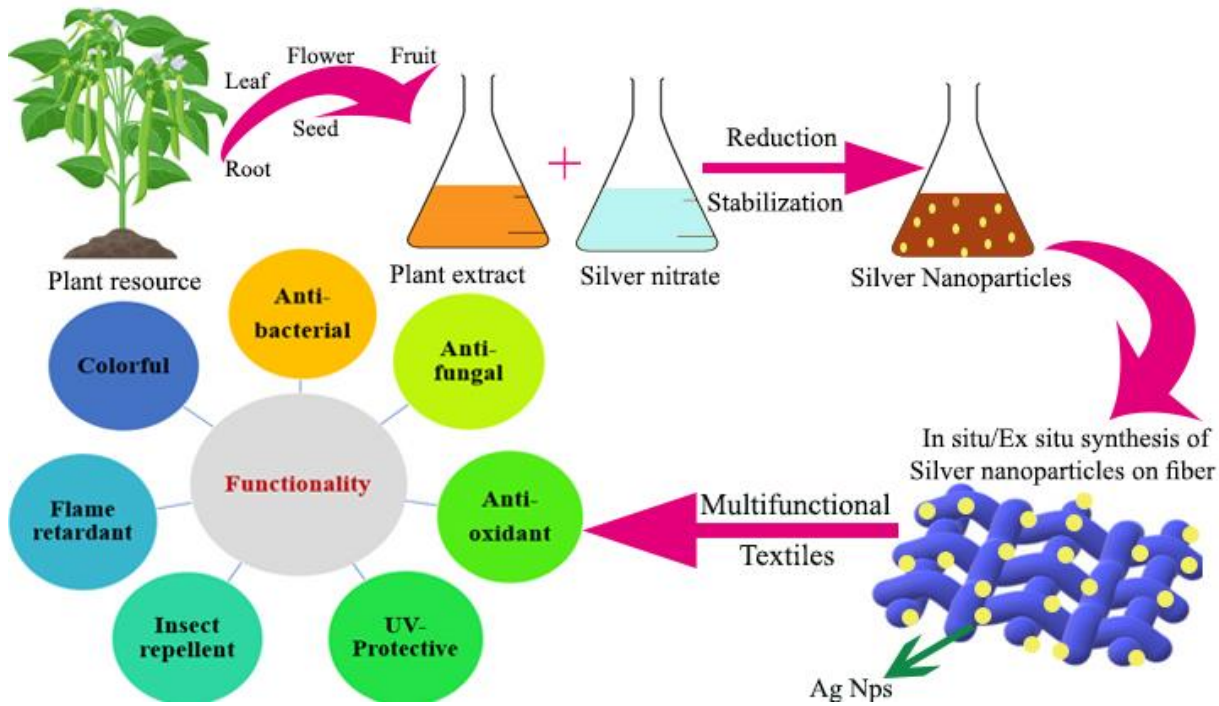
Article history:
Received: 24-04-2022
Accepted: 25-07-2022
Available online: 16-10-2022
Print ISSN: 2251-7278
Online ISSN: 2383-2223

DOR: 20.1001.1.22517278.1401.12.2.3.0

Keywords:
Silver nanoparticles
Biological synthesis
Green synthesis
Multifunctional finishing of Textiles
Antibacterial finishing

ABSTRACT

In recent years, compared to chemical and physical methods, the biosynthesis of metal nanoparticles has been of interest to many researchers due to its easy, clean, cheap, accessible, and biocompatible preparation process. Different parts of plants such as leaves, roots, stems, flowers, fruits, seeds, skin, and waste contain various compounds such as polyphenols, flavonoids, tannins, alkaloids, sugars, carbohydrates, proteins, and terpenoids, which are used for the biosynthesis of nanoparticles. The efficiency of nanoparticle synthesis, their amount, shape, and size depend on compounds' reducing and stabilizing power in plant extracts. The main role of biological compounds is the reduction of metal ions and their conversion to metal (M°), as well as stabilization by creating a protective layer on the synthesized nanoparticles to prevent their accumulation. In this review paper, recent advances in synthesizing silver nanoparticles and their coating on textiles using different parts of plants in two general methods, in situ and ex situ, have been reviewed. Factors affecting silver nanoparticles' efficiency, shape, and size, such as metal precursor concentration, plant extract concentration, temperature, etc., have been reviewed and summarized. In addition, the multifunctional properties of textiles coated with silver nanoparticles, such as color properties, antibacterial, antifungal, antioxidant, ultraviolet protection, etc., have also been discussed.



***Corresponding author**: **s.safapour@tabriziau.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

نشریه علمی
مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

دسترسی آنلاین: www.jscw.icrc.ac.ir
نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ/ ۱۲، (۱۴۰۱)۲، ۱۵۸-۱۳۳
نوع مقاله: مروری
دسترسی آزاد

مروری بر پوشش‌دهی چندکاره منسوجات با نانوذرات نقره سنتزشده با منابع گیاهی

سیامک صفاپور[1*]، فاطمه لیاقت[2]

۱- دانشیار، دانشکده فرش، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۴۵۶۷-۵۱۳۸۵.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۴۵۶۷-۵۱۳۸۵.

اطلاعات مقاله

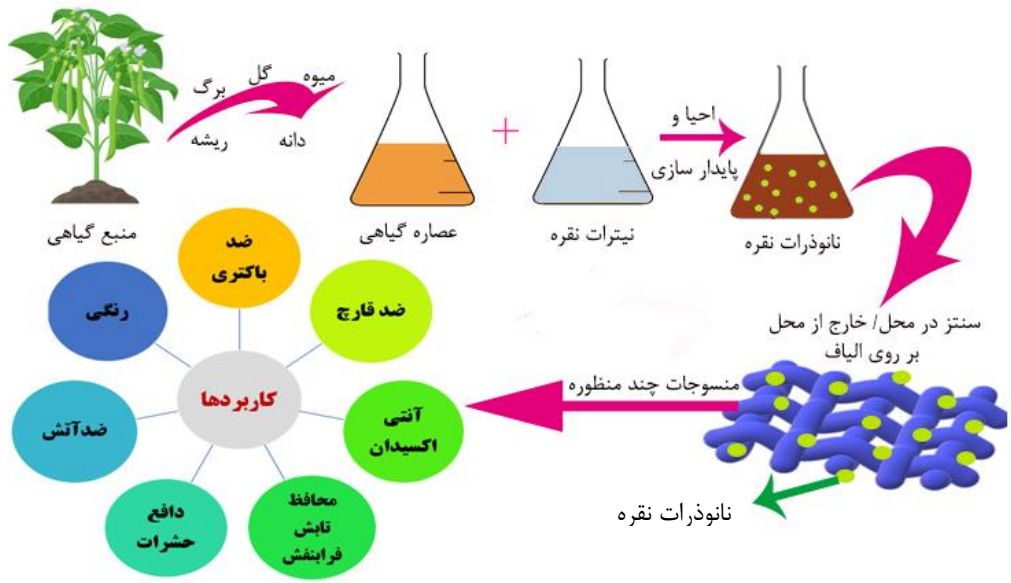
تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۳
در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴
شاپا چاپی: ۷۲۷۸-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۲۲۲۳-۲۳۸۳

DOR: 20.1001.1.22517278.1401.12.2.3.0

واژه‌های کلیدی:
نانو ذرات نقره
سنتز زیستی
سنتز سبز
تکمیل چندکاره منسوجات
تکمیل ضدباکتری

چکیده

در سال‌های اخیر سنتز زیستی نانوذرات فلزی نسبت به روش‌های شیمیایی و فیزیکی به دلیل فرآیند تهیه آسان، پاک، ارزان، قابل دسترس و زیست سازگاری مناسب مورد توجه بسیاری از محققان می‌باشد. بخش‌های مختلف گیاهان نظیر برگ، ریشه، ساقه، گل، میوه، دانه، پوست و ضایعات حاوی ترکیبات مختلف نظیر پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، آلکالوئیدها، قندها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و ترپنوئیدها هستند که برای سنتز زیستی نانوذرات استفاده می‌شوند. بازده سنتز نانوذرات، مقدار، شکل و اندازه آن‌ها به قدرت احیا کنندگی و پایدارسازی ترکیبات موجود در عصاره گیاهان وابسته است. نقش اصلی ترکیبات زیستی، احیا یون‌های فلزی و تبدیل آن‌ها به فلز (M^0) و همچنین پایدارسازی با ایجاد یک لایه محافظ بر روی نانوذرات سنتز شده برای جلوگیری از تجمع آن‌ها می‌باشد. در این مقاله پیشرفت‌های اخیر در سنتز نانوذرات نقره و پوشش‌دهی آنها روی منسوجات با استفاده از بخش‌های مختلف گیاهان به دو روش کلی در محل (in situ) و خارج از محل (ex situ) مرور شده است. عوامل موثر بر بازده، شکل و اندازه نانو ذرات نقره نظیر غلظت پیش‌ساز فلزی، غلظت عصاره گیاه، دما و غیره مرور و جمع‌بندی شده است. به‌علاوه، خواص چندکاره منسوجات پوشش داده‌شده با نانوذرات نقره نظیر خواص رنگی، ضدباکتری، ضدقارچ، آنتی اکسیدانی، محافظت در برابر تابش فرابنفش و غیره نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.



***Corresponding author**: **s.safapour@tabriziau.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

نانوفناوری شاخه‌ای از علوم است که روز به روز در حال توسعه می‌باشد و از بدو پیدایش خود زندگی انسان‌ها را در تمامی جوانب متحول کرده است. در واقع فناوری نانو یک رویکرد علمی در سنتز ذرات در مقیاس حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. مواد در مقیاس نانو به دلیل وجود تعداد زیاد اتم در سطح، انرژی سطحی زیاد و همچنین محدودیت فضایی، ویژگی‌های متمایزی را از خود نشان می‌دهند [۱]. خواص نانو ذرات فلزی به شدت به ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آن‌ها بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به اندازه، شکل، پراکندگی، فضای داخلی جامد یا توخالی بودن و ترکیبات آن‌ها اشاره کرد که با کنترل هر یک از عوامل مذکور خواص نانو ذرات فلزی قابل تنظیم می‌باشد. علاوه بر این در مورد نانو ساختارهای دو فلزی و چند جزئی، خواص به توزیع عناصر درون ذرات نیز بستگی دارد [۲، ۳]. نانو مواد نسبت به سایر مواد میکروسکوپی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند که باعث شده توجه و تحقیقات زیادی در این زمینه بر روی آن‌ها صورت گیرد. نانو ذرات به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود نظیر نسبت بالای سطح به حجم و همچنین تعداد زیاد اتم در یک سطح در بسیاری از صنایع همچون پزشکی، داروسازی، زیست‌شناسی، فیزیک کاربردهای نوری، مغناطیسی، الکترونیکی، پلاسمونی و غیره دارند [۴، ۵]. امروزه انواع مختلفی از نانو ذرات فلزی مانند طلا، مس، پلاتین، روی، آهن، نقره و غیره سنتز شده‌اند که در این میان نانوذرات نقره[1] به خاطر روش سنتز ساده، فعالیت ضدمیکروبی بالا در برابر بسیاری از میکروارگانیسم‌ها و خواص متعدد دیگر توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند [۶].

نقره رفتار پلاسمون سطحی، بازتاب نوری خوب و رسانایی حرارتی ((m-k) W ۴۲۹) و الکتریکی (s/m ۶/۳×۱۰^۷) عالی دارد. نانو ذرات نقره به خودی خود اثرات سمی بر روی باکتری‌ها ندارند، بلکه به عنوان یک حامل و منبع موثر برای رساندن بهتر یون‌های Ag^+ به غشا و سیتوپلاسم باکتری عمل می‌کنند [۷]. نانو ذرات نقره کاربردهای متنوعی در زمینه‌های پزشکی، سامانه‌های دارورسانی، تصفیه آب و پساب و فاضلاب و نساجی دارند که از طریق روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی سنتز می‌شوند [۸]. تاکنون روش‌های متنوعی برای سنتز نانو ذرات گزارش شده است که از جمله می‌توان به تابش گاما، تابش الکترونی، احیا شیمیایی، روش‌های نورشیمیایی، ریزموج (مایکروویو) و روش‌های زیستی اشاره کرد. روش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیار گران قیمت هستند و به دلیل استفاده از مواد شیمیایی، محصولات جانبی سمی تولید شده و خطرات زیست‌محیطی ایجاد می‌کنند. در این بین روش‌های زیستی مقرون به صرفه، پایدار، ساده، سازگار با محیط‌زیست بوده و مصرف انرژی کمی دارند و استفاده از مواد شیمیایی و تعداد مراحل تهیه نانو ذرات را تا حد زیادی کاهش می‌دهند.

شیمی سبز یکی از کارآمدترین و جدیدترین روش‌ها برای سنتز نانوذرات می‌باشد که در آن از منابع طبیعی مختلف و غیر سمی نظیر جلبک، قارچ‌ها، باکتری‌ها و قسمت‌های مختلف گیاهان و انواع پلیمرهای زیستی مانند کیتوسان[2]، سیکلودکسترین[3]، آلجینات[4]ها و غیره استفاده می‌شود [۹-۱۳]. نانوذرات نقره به دلیل داشتن سطح بالای انرژی تمایل به تجمع دارند. ترکیبات شیمیایی موجود در گیاهان، پلیمرهای زیستی و میکروارگانیسم‌ها به عنوان پایدارکننده و تثبیت‌کننده نانو ذرات سنتز شده عمل می‌کنند و بدین ترتیب مانع از تجمع نانو ذرات می‌شوند. این مواد به عنوان یک پوشش‌دهنده، با احاطه کردن ذرات مانع از تجمع آن‌ها به دو روش استاتیک و الکترواستاتیک می‌شوند [۱۴، ۱۵]. در سنتز سبز نانوذرات، ترکیب‌های موجود در عصاره‌های گیاهی، میکروارگانیسم‌ها و یا پلیمرهای زیستی به عنوان احیاکننده و پایدارکننده ذرات استفاده می‌شوند که از طریق آن‌ها اندازه و پایداری نانوذرات سنتز شده کنترل می‌گردد [۱۶].

متداول ترین منبع در سنتز نانو ذرات نقره به روش احیا، نیترات نقره می‌باشد که به دلیل حلالیت خوب در حلال‌های قطبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال نیترات نقره در برابر نور بسیار حساس است که این حساسیت می‌تواند بر ماهیت نقره سنتز شده در محلول تاثیرات قابل توجهی داشته باشد، بنابراین باید در استفاده و نگهداری از این پیش ماده احتیاط شود [۳]. پس از انجام مراحل سنتز، مشخصه‌یابی نانوذرات یکی از مراحل اصلی برای تایید موفقیت مراحل سنتز می‌باشد. مشخصه‌یابی نانوذرات بر اساس ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی نظیر اندازه، شکل، گستردگی، خواص سطح و ساختار ذرات انجام می‌شود [۱۷]. از چندین روش برای مشخصه‌یابی نانو ذرات سنتز شده استفاده می‌شود که می‌توان به طیف‌سنجی فرابنفش- مرئی (UV-Vis)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، پراش پرتو ایکس(XRD)، میکروسکوپ نیروی اتمی(AFM)، طیف‌سنجی زیر قرمز (FTIR)، طیف‌سنجی پراش انرژی (EDAX-EDS) و غیره اشاره کرد [۶].

صنعت نساجی همانند دیگر شاخه‌های علوم روز به روز در حال گسترش در زمینه تولید، تکمیل و رنگرزی با استفاده از مواد مختلف می‌باشد. ورود نانوفناوری در این زمینه باعث تولید منسوجات جدید و هوشمند شده است. استفاده از سنتز سبز نانوذرات مختلف به خصوص نقره، استفاده از مواد شیمیایی مختلف را در این صنعت کاهش داده و به کمک منابع طبیعی سعی در جایگزین کردن مواد

[1] Silver Nanoparticles (AgNps)

[2] Chitosan
[3] Cylodextrin
[4] Alginate

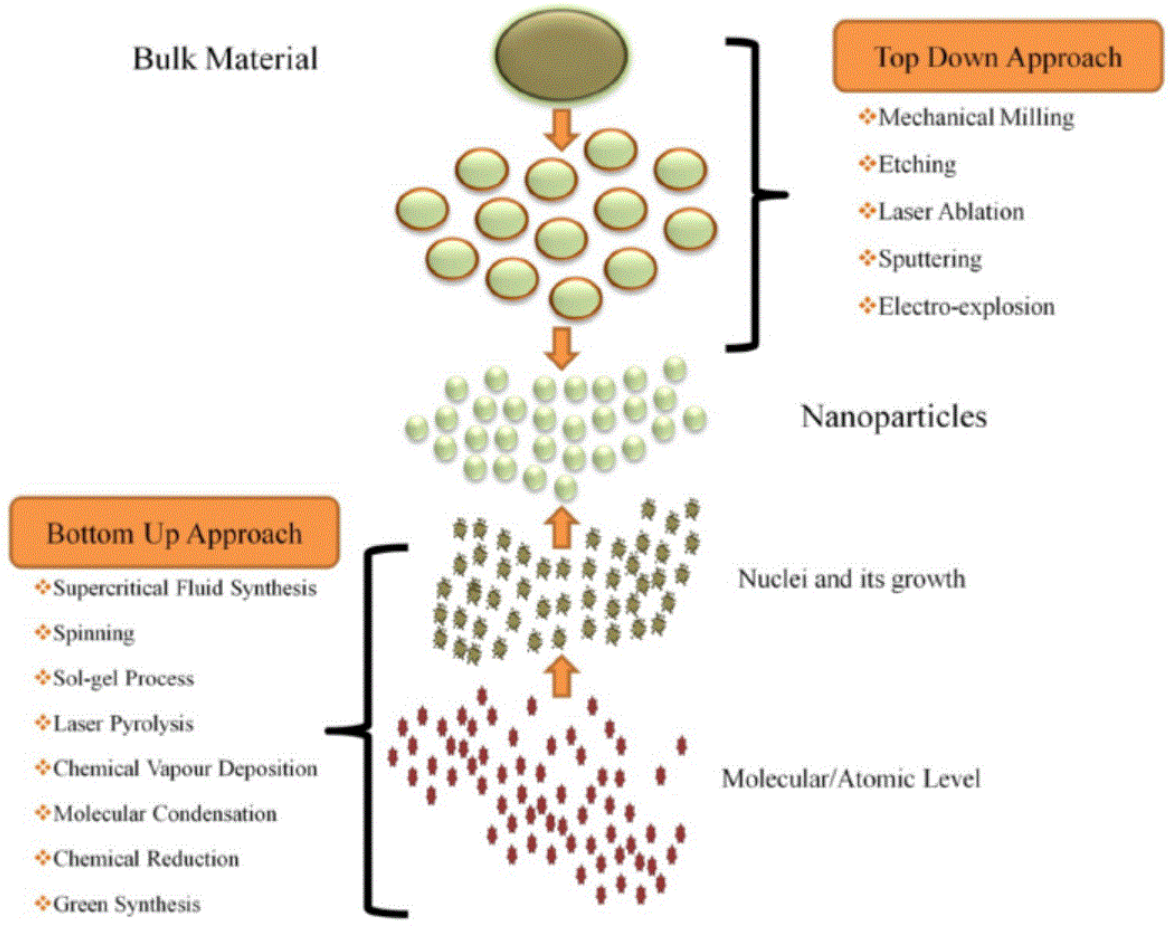
شیمیایی داشته است. نانوذرات نقره سنتز شده به کمک قسمت‌های مختلف گیاهان باعث ایجاد خواص تکمیلی گوناگون بر روی الیاف طبیعی مختلف نظیر پنبه، کتان، کنف، ابریشم، پشم و غیره و همچنین الیاف بشرساخت مانند ویسکوز، پلی استر، اکریلیک، نایلون و غیره شده است. نانو فناوری در صنعت نساجی قابلیت‌های جدیدی را به عملکرد محصولات اضافه نموده که می‌توان به ویژگی‌هایی نظیر خواص ضدمیکروبی، دافع روغن و آب، رنگ‌پذیری بهتر، ضدچروک، خودتمیزشوندگی، مقاومت در برابر سایش و پارگی، محافظ در برابر پرتو فرابنفش و ایجاد خاصیت ضد اکسیدشوندگی بر روی الیاف مختلف اشاره کرد [۱۸، ۱۹].

۲- روش‌های سنتز نانو ذرات

روش‌های گوناگونی برای سنتز نانو ذرات معرفی شده اند که این روش‌ها را می‌توان به دو رویکرد اصلی بالا به پایین[1] و پایین به بالا[2] تقسیم‌بندی کرد (شکل ۱). در رویکرد بالا به پایین، از مواد توده‌ای بزرگ برای سنتز نانو ذرات استفاده می‌شود که عملیات‌های مختلفی نظیر شکستن، برش دادن و جدا کردن قطعاتی از آن، جدا و کوچک می‌شوند که در طول انجام این فرآیند به مقدار قابل‌توجهی انرژی مکانیکی، شیمیایی و حرارتی برای تبدیل مواد به ذرات در محدوده نانو نیاز است [۲۰].

روش‌هایی مانند آسیاب مکانیکی[3]، کندوپاشی[4] و فرسایش لیزری[5] از نوع سنتز بالا به پایین می‌باشند. از چالش‌های اصلی این روش تغییر خواص شیمی‌سطح و خواص فیزیکی-شیمیایی ذرات است. این روش برای سنتز ذرات بسیار کوچک مناسب نمی‌باشد و همچنین بزرگ بودن اندازه ذرات باعث پخش نایکنواخت آن‌ها در سطح می‌گردد [۲۲، ۲۳].

[1] Top-down
[2] Bottom-up
[3] Mechanical milling
[4] Sputtering
[5] Laser ablation



شکل ۱: سنتز نانومواد با دو رویکرد بالا به پایین و پایین به بالا [۲۱].

Figure 1: Synthesis of nanomaterials (NPs) via top-down and bottom-up approaches [21].

در رویکرد پایین به بالا یا خود مونتاژ، سنتز نانوذرات از طریق اتصال و ترکیب مولکول‌ها، اتم‌ها و خوشه‌ها صورت می‌گیرد [۲۴]. در این روش ابتدا اجزای سازنده نانو ساختارها به وجود می‌آیند و سپس با استفاده از روش‌های زیستی و شیمیایی، نانوذرات تشکیل می‌شوند. این روش در مقایسه با روش سنتز بالا به پایین، باعث سنتز ذرات همگن‌تر و کوچک‌تر می‌شود که پخش‌شوندگی خوبی در سطح دارند. روش‌هایی مانند پاشش پیرولیز[۱]، لیزر پیرولیز[۲]، روش سل- ژل[۳]، روش رسوب بخار شیمیایی[۴]، نمونه‌هایی از سنتز به روش پایین به بالا می‌باشند [۲۵، ۲۶]. در ادامه به توضیح هر یک از روش‌های مختلف رویکرد پایین به بالا نظیر روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی پرداخته می‌شود.

۲-۱- روش‌های شیمیایی

سنتز شیمیایی در واقع تولید نانوذرات با استفاده از مواد شیمیایی می‌باشد که برای انجام این فرآیند نیاز به سه ماده اولیه ۱- پیش‌ساز فلزی، ۲-ماده احیاکننده و ۳-پایدار کننده می‌باشد. چهارمین جز مهم در سنتز، نوع حلال است چون اکثر تولیدات روش‌های شیمیایی و زیستی نانو ذرات، در محلول صورت می‌گیرد [۲۷]. متداول‌ترین روش‌ها برای سنتز شیمیایی نانو ذرات احیا شیمیایی، روش میکرو امولسیون[۵]، روش سل- ژل، سنتز پلی اُل[۶]، سنتز هیدروترمال[۷]، سنتز بخار شیمیایی[۸]، روش رسوب بخار شیمیایی افزایش یافته توسط پلاسما[۹]، سنتز الکتروشیمیایی[۱۰] هستند که همه با رویکرد پایین به بالا انجام می‌شوند [۲۸، ۲۹].

سنتز به روش احیا شیمیایی یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین روش‌های سنتز نانو ذرات می‌باشد که با استفاده از مواد احیاکننده آلی و معدنی صورت می‌گیرد. عوامل احیاکننده مختلفی که به صورت عمده در این زمینه به کار می‌روند، عبارتند از سدیم بوروهیدرید[۱۱]، تری سدیم سیترات[۱۲]، آسکوربات[۱۳] و عنصر هیدروژن که در محلول‌های آبی و غیرآبی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۰]. عوامل احیاکننده باعث احیا (کاهش) یون Ag^{+} شده و منجر به تشکیل نقره فلزی Ag° می‌شوند و پس از آن با ایجاد تجمع، خوشه‌های الیگومری ایجاد می‌کنند که این خوشه‌ها در نهایت باعث تشکیل ذرات کلوئیدی نقره می‌گردند. استفاده از مواد تثبیت‌کننده و پایدارکننده در طول آماده‌سازی نانوذرات فلزی بسیار مهم می‌باشد تا از رسوب، تجمع و رشد نانوذرات جلوگیری کند و از خواص سطحی آن‌ها محافظت نماید [۳۱، ۳۲].

۲-۲- روش‌های فیزیکی

روش‌های فیزیکی شامل استفاده از عوامل فیزیکی مانند گرما [۳۳]، تخلیه الکتریکی [۳۴]، پلاسما [۳۵] و تابش الکترومغناطیس [۲۷] می‌باشند. سنتز نانوذرات به وسیله روش تبخیر-چگالش[۱۴] یکی از متداول‌ترین روش‌ها در این زمینه می‌باشد که نانو ذرات مختلف اعم از نقره، قلع، روی، مس و سرب با این روش سنتز شده‌اند [۳۶]. مزایای استفاده از روش فیزیکی نسبت به سنتز شیمیایی در عدم وجود حلال و یکنواختی توزیع نانوذرات است. در روش تبخیر-چگالش نانوذرات با اندازه‌های بسیار کوچکی سنتز می‌شوند اما با این حال انرژی و زمان بسیار زیادی برای افزایش دمای کار مورد نیاز است. یکی دیگر از روش‌ها فرسایش لیزری می‌باشد که سنتز نانو ذرات به تاثیر لیزر، طول موج پرتو لیزر، مدت زمان پالس‌های لیزر و محیط مایع بستگی دارد که با تغییر هر یک از عوامل، ویژگی‌های نانوذرات سنتز شده کنترل می‌گردد [۴].

۲-۳- روش‌های زیستی

از مباحث بالا مشخص شد که روش‌های شیمیایی و فیزیکی برای سنتز نانو ذرات هزینه بر بوده و باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شوند، از این رو نیاز به توسعه فرآیندهای سازگار با محیط‌زیست و مقرون به صرفه وجود دارد که استفاده از مواد شیمیایی را به مقدار کمینه برساند و باعث صرفه‌جویی در زمان و انرژی گردد. یکی از بهترین راهکارهای شناخته شده شیمی‌سبز و استفاده از مواد طبیعی و دوست‌دار محیط‌زیست بوده که به طور روزافزون در حال گسترش می‌باشد.

سنتز سبز نانوذرات شامل استفاده از مواد طبیعی، قسمت‌های مختلف گیاهان و عصاره آن‌ها، میکروارگانیسم‌های زیستی مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها، مخمر و جلبک‌ها و همچنین پلیمرهای طبیعی همچون کیتوسان، سیکلودکسترین، آلجینات، صمغ‌ها و غیره می‌باشد [۳۷]. در این میان سنتز نانوذرات با بخش‌های مختلف گیاهان و عصاره آن‌ها بسیار ساده‌تر و کم هزینه‌تر بوده و نسبت به باکتری‌ها و قارچ‌ها در دسترس‌تر و آسان‌تر هستند [۳۸]. برگ چای [۳۹]، عصاره آلوئه ورا [۴۰]، پوست پیاز [۴۱]، عصاره بومادران [۴۲]، پوست میوه بلوط [۴۳] همه نمونه‌هایی از سنتز نانوذرات نقره با عصاره و قسمت‌های مختلف گیاهان می‌باشند. عواملی نظیر pH، دما، زمان واکنش، غلظت پیش‌ساز فلزی، نوع و غلظت

[1] Spray pyrolysis
[2] Laser pyrolysis
[3] Sol-gel method
[4] Chemical vapor deposition
[5] Micro-emulsion technique
[6] polyol synthesis
[7] Hydrothermal synthesis
[8] Chemical vapor synthesis
[9] Plasma-enhanced chemical vapor deposition technique
[10] Electrochemical synthetic
[11] Sodium borohydride
[12] Trisodium citrate
[13] Ascorbate
[14] Evaporation-condensation

ماده احیاکننده و پایدار کننده در اندازه، شکل، توزیع و سایر خواص فیزیکی- شیمیایی نانوذرات سنتز شده تاثیر بسزایی دارند که با کنترل هر یک از عوامل مذکور می‌توان مشخصه‌های نانوذرات سنتز شده را تغییر داد [۳۱، ۴۴]. احیا نانوذرات توسط گیاهان شامل سه مرحله فعال‌سازی، رشد و پایان می‌باشد. مرحله فعال‌سازی در واقع شامل احیا و به دنبال آن هسته‌زایی یون‌های فلزی می‌باشد که یون‌های فلزی با ترکیبات احیاکننده موجود در عصاره گیاهان نظیر فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و پلی فنل‌ها از طریق پیوندهای یونی واکنش می‌دهند. در مرحله رشد، یون‌های فلزی از حالت اکسیدشدن تک یا دو ظرفیتی به فلز صفر ظرفیتی (M0) تبدیل می‌شوند و پایداری ترمودینامیکی را با تجمع نانوذرات کوچک افزایش می‌دهد و فاز پایانی با حفظ شرایط واکنش، ریخت‌شناسی نانوذرات فلزی سنتز شده را شکل می‌دهد. همچنین در مرحله پایانی، نانوذرات از نظر انرژی در مطلوب‌ترین حالت خود قرار دارند که این فرآیند به شدت تحت تاثیر توانایی عصاره گیاهان برای تثبیت نانوذرات فلزی است [۴۵، ۴۶]. شکل ۲ به طور خلاصه مراحل و سازوکار سنتز زیستی نانو ذرات نقره را نشان می‌دهد. در ادامه به توضیح و بررسی نتایج تحقیقات اخیر در خصوص سنتز نانوذرات نقره با استفاده از بخش‌های مختلف گیاهان پرداخته می‌شود.

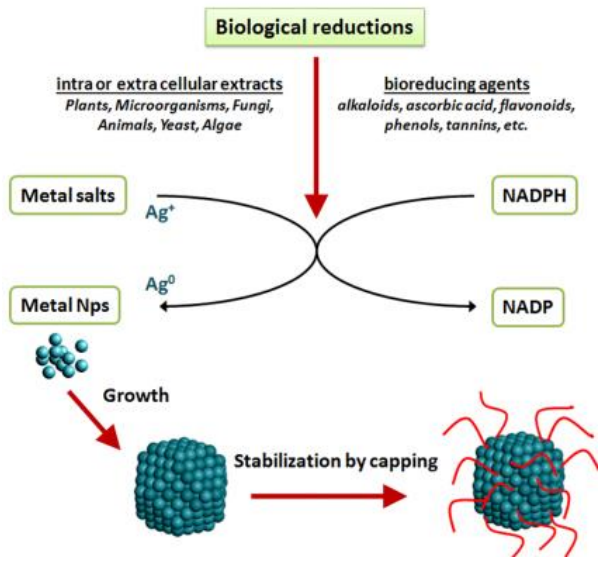
۲-۳-۱- سنتز نانو ذرات نقره با استفاده از بخش‌های مختلف گیاهان

بخش‌های مختلف گیاهان دارای ترکیبات رنگی و غیررنگی متعدد هستند که از آن‌ها برای رنگرزی و تکمیل چندکاره منسوجات استفاده شده است [۴۸-۵۸]. به علاوه، استفاده از نانوفناوری برای بهبود خواص و ویژگی مواد رنگزای طبیعی روی منسوجات در سال‌های اخیر مورد توجه می‌باشد [۵۹].

سنتز نانوذرات نقره با استفاده از بخش‌های مختلف گیاهان عموما تک مرحله ای، بسیار ساده، اقتصادی، دوست‌دار محیط‌زیست و غیرسمی می‌باشد [۶۰]. بخش‌های مختلف گیاهان اعم از برگ [۶۱] ، ساقه [۶۲]، ریشه [۶۳]، ریزوم (ساقه زیرزمینی) [۶۴]، گل [۶۵]، میوه [۶۶]، پوست [۶۷] و حتی دانه [۶۸] دارای ترکیبات زیستی مختلف نظیر پلی فنل‌ها[1] فلاونوئیدها[2]، آلکالوئیدها[3]، قندها، پروتئین‌ها، ترپنوئیدها[4]، کربوهیدرات‌ها، تانن‌ها[5] و بسیاری مواد موثر دیگر بوده که به عنوان پایدار کننده و احیاکننده نقش کلیدی در سنتز نانوذرات ایفا می‌کنند. در واقع نقش اصلی ترکیبات زیستی مذکور احیا یون‌های فلزی به فلز صفر (M°) و سپس ایجاد یک لایه محافظ بر روی ذرات سنتز شده به عنوان پایدار کننده برای جلوگیری از تجمع و اکسید شدن نانوذرات تشکیل شده می‌باشد. میزان توانایی عصاره گیاهان برای احیا و پایدارسازی نانوذرات به نوع ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره گیاهی و همچنین مقادیر آن‌ها بستگی دارد که بر اندازه و ریخت‌شناسی نانوذرات سنتز شده تاثیرگذار می‌باشد. برهم‌کنش الکترواستاتیک بین گروه‌های عاملی موجود در عصاره گیاهان مانند COOH-، OH-، NH_2-، C=N- و یون فلزی (Mn^{+}) منجر به احیا یون فلز Mn^{+} به M° می‌شود. همچنین پایداری نانوذرات سنتز شده توسط عصاره گیاهان به عوامل مختلفی از جمله شرایط واکنش، روش سنتز، غلظت عصاره، قدرت ترکیبات زیستی آن و میزان مواد ضداکسیدشدن موجود در گیاه بستگی دارد [۴۶] که در نهایت باعث به وجود آمدن ویژگی‌های نظیر ضداکسیدشدن [۶۹]، ضدباکتری [۷۰]، ضدالتهاب [۷۱]، ضدقارچ [۷۲] و غیره می‌شوند [۳۰،۶۰]. شکل ۳ نمایی از سنتز زیستی نانوذرات نقره به کمک بخش‌های مختلف گیاهان را نشان می‌دهد.

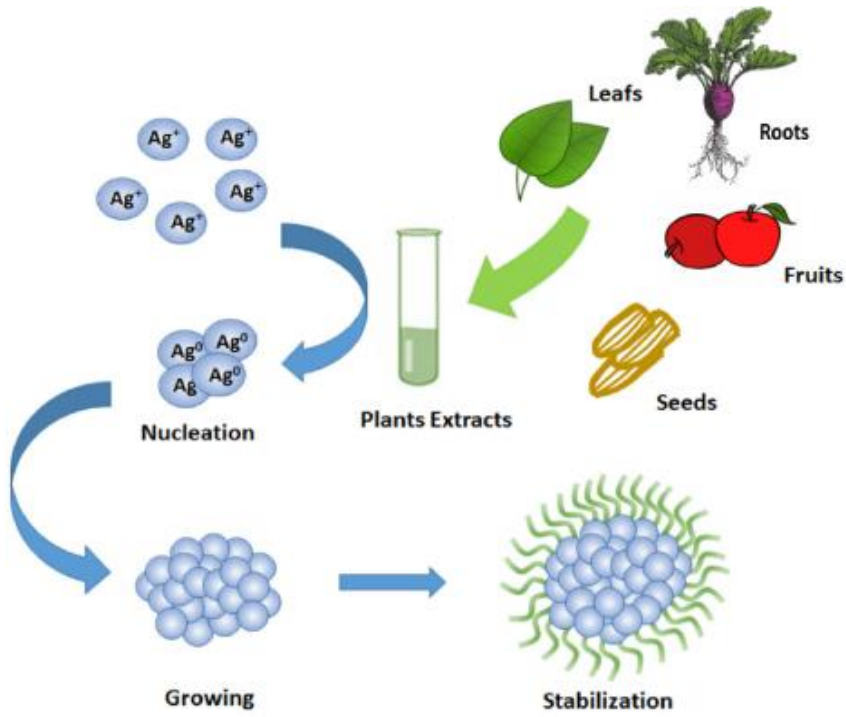
۲-۳-۱-۱- برگ

برگ گیاهان شاخص ترین قسمت برای سنتز نانوذرات می‌باشد که به صورت گسترده در سنتز نانوذرات مختلف به ویژه در نانوذرات نقره، استفاده می‌شود. برگ‌ها، سرشار از ترکیبات شیمیایی گوناگون مانند پلی فنل‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، ترپنوئیدها و غیره می‌باشند که می‌توانند در احیا و پایداری نانوذرات نقش مهمی ایفا کنند که در این قسمت به صورت گسترده به تحلیل و بررسی مقالات منتشر شده در سنتز نانوذرات نقره با استفاده از برگ گیاهان بر روی منسوجات پرداخته می‌شود. اطلاعات تکمیلی در این خصوص در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲: سازوکار سنتز زیستی نانوذرات نقره [۴۷].
Figure 2: Mechanism of AgNPs biosynthesis [47].

[1] Polyphenols
[2] Flavanoids
[3] Alkaloids
[4] Terpenoids
[5] Tannins



شکل ۳: طرحواره سنتز زیستی نانوذرات توسط عصاره‌های گیاهان [۷۳].
Figure 3: Scheme of nanoparticle biosynthesis using plant extracts [73].

جدول ۱: مشخصات و ویژگی‌های نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از برگ گیاهان.
Table 1: Specifications and characteristics of silver nanoparticles synthesized using plant leaves.

Plant	Used part	Reducing/capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	Substrate	Application	Ref.
Curcuma longa	Leaves	Curcumin	Ex-situ	Spherical	15-40	Cotton	Antimicrobial, Wound healing	[8]
Moringa oleifera		poly phenols	Ex-situ	Spherical	1-17	100% cotton, 50% cotton (CO) /50% polyester (PET), Viscose, Linen	Insect repellent	[74]
Moringa oliefiera		poly phenols, Protein, Alkaloid	In-situ	Spherical	90	cotton	Antibacterial	[75]
Cassia alata		poly phenols	In-situ	Spherical	50-59	Cellulose nanocomposite films	Antibacterial, tensile strength properties	[76]
Citrus limon		Flavones, Terpenoids, Polysaccharides, essential oil	Ex-situ	heterogeneously-shape	8-15 15-30	Cotton and silk	Antifungal	[77]
Muntingia calabura		Flavonoids	Ex-situ	ـــــ		Cotton, polyester, nylon	Antibacterial	[78]

(ادامه جدول ۱)

Plant	Used part	Reducing/capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	Substrate	Application	Ref.
Aegle marmelos		Tannins	In-situ	Spherical	73±12	Silk	Antimicrobial	[79]
Tamarindus indica Linn		Flavonoids	In-situ	Spherical	50-120	Polyester	Antibacterial	[80]
Aloe vera		Alkaloids, flavonoids, Terpenoids,Poly phenols, Proteins, Alcoholic compounds, Anthraquinone, Polysaccharides	In-situ	Cubic	—	cotton	Antibacterial, UV protective	[81]
Aloe Vera		poly phenols	In-situ	Spherical	80-90	cotton	Antibacterial	[82]
Tea		Flavonoids	In-situ	Spherical	10-26	Polyacrylonitrile (PAN) nanofiber	Antibacterial, Catalytic properties	[83]
Eucalyptus citriodora and Ficus bengalensis		Polysaccharides	Ex-situ	Spherical	~21	cotton	Antibacterial Thermal stability, Elongation properties	[84]
Clerodendron infortunatum		Tannins, Organic acids, Flavonoids	Ex-situ	Spherical	2-6	cotton	Antibacterial	[85]
Sumac		Gallic acid, Myricetin, Quercetin	In-situ	___	___	cotton	Colorant, Antibacterial, UV protective	[86]
Sumac		Gallic acid	In-situ	Cubic	52-105	cotton	Antibacterial, UV protective	[87]
Dodonaea aungustifolia		polyphenols, Flavonoids	In-situ	Spherical	~10	cotton	Antibacterial	[88]

الیاف پنبه به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد بـه عنـوان پرکاربردترین لیف مصرفی در دنیا شناخته می‌شود، اما به دلیل رشـد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا اسـتفاده از آن در پوشـاک بهداشـتی و صنعت پزشکی با مشکلات و محدودیت‌هایی مواجه مـی‌باشـد. بـدین منظور در یـک مطالعـه نـانوذرات نقـره بـا عصـاره بـرگ‌هـای گیـاه Curcuma longa به صورت خارج از محل[1] سنتز شـد و بـرای ایجـاد خواص ضدمیکروبی و التیام بخشی زخم بر روی الیاف پنبـه اسـتفاده شد. نتایج نشان داد که نانوذرات نقره با کمک عصاره گیـاهی احیـا و پایدار گشته و در اندازه ۴۰- ۱۵ نانومتر با اشکال کروی سنتز شـدند و باعث ایجاد خاصیت ضدباکتری قابـل‌توجـه در منسـوجات پنبـه‌ای شدند که می‌تواند در بیمارستان‌ها و پوشاک پزشکی برای جلـوگیری از عفونت‌های میکروبی استفاده شود [۸].

گیاه Moringa oleifera از دیرباز به عنوان یک ماده ضدباکتری و ضدقارچ مورد استفاده قرار می‌گیرد. عصاره برگ‌های این گیـاه دارای ترکیبات پلی فنلـی، اسـترول و پـروتئین هسـتند کـه باعـث احیـا و پایـداری نـانوذرات سـنتز شـده مـی‌شـوند. السـید[2] و همکـارانش از برگ‌های این گیاه برای سنتز نانوذرات نقره بر روی پارچه‌هـای ۱۰۰ درصد پنبه ای، ۵۰ درصد پنبه-پلی استر، ویسکوز و کتـان بـا هـدف دستیابی به تکمیل دفع حشرات اسـتفاده کردنـد. نـانوذرات نقـره بـا اندازه‌های ۱۷-۱ نانومتر بـه صـورت کـروی شـکل روی پارچـه‌هـای مذکور سنتز شدند و نتایج بررسی‌ها نشان داد که بازده فعالیـت دفـع حشرات در مدت ۶ روز ۱۰۰ درصد بوده که پس از گذشت ۱۲ روز به ۹۰-۵۰ درصد کاهش یافت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که قابلیت دفع حشرات در پارچه‌های مختلف در شرایط یکسـان بـه سـاختار و نـوع

[1] Ex situ

[2] El-Sayed

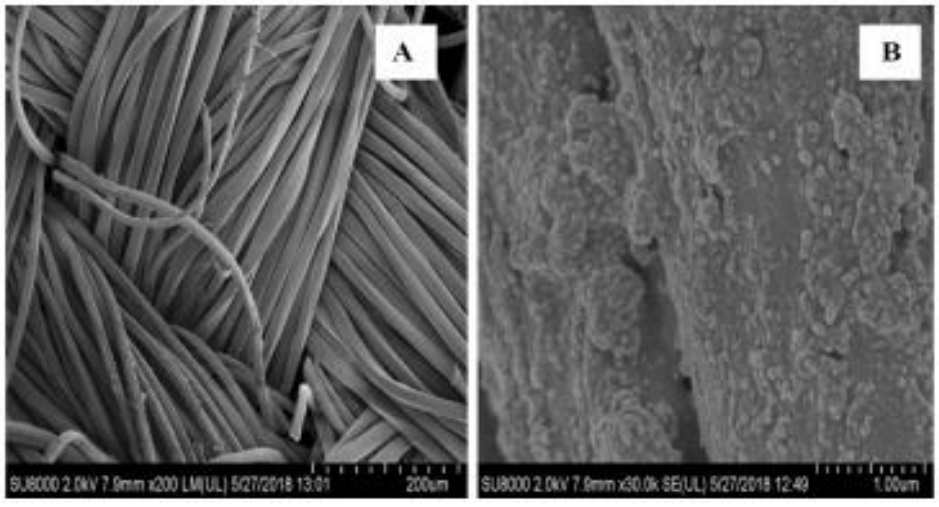
پارچه تکمیل شده بستگی دارد [۷۴]. در مطالعه مشابه دیگر نانوذرات فلزی نقره و مس بر روی الیاف پنبه در محل[1] سنتز شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که پایداری حرارتی، ویژگی‌های مکانیکی و فعالیت ضدباکتری منسوج پنبه‌ای حاوی نانوذرات نقره و مس بهبود می‌یابد و قابل استفاده در باند زخم‌های پزشکی برای جلوگیری از التهاب و عفونت‌های میکروبی می‌باشد. به علاوه نتیجه‌گیری شد که در آینده با تحقیقات گسترده‌تر می‌توان از پارچه‌های مذکور در واکنش‌های کاتالیزور نوری و آفت‌کش‌های صنایع کشاورزی استفاده کرد [۷۵].

در مطالعه جدید دیگر از برگ‌های عصاره گیاه Cassia alata برای سنتز نانوذرات نقره به صورت هم‌زمان بر روی فیلم‌های ژل سلولز[2] استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا لینتر پنبه در محلول هیدروکسید لیتیم و اوره حل شد و سپس ژل‌های سلولزی در عصاره برگ‌های گیاه Cassia alata به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا جذب عصاره توسط سلولز به صورت کامل صورت گیرد و سپس در محلول نیترات نقره با غلظت‌های مختلف ۱ تا ۵ میلی مولار به مدت ۱۲ ساعت زیر نور آفتاب قرار گرفتند تا سنتز نانو ذرات انجام شود. نانوذرات نقره در درون و روی فیلم‌های سلولزی سنتز شدند. نتایج بررسی‌های TEM و SEM نشان داد که میانگین اندازه ذرات سنتز شده در بیرون و درون فیلم به ترتیب برابر ۶۹ نانومتر و ۵۹-۵۰ نانومتر بود. همچنین نتایج بررسی‌های مختلف نشان داد که نانوفیلم‌های سلولزی سنتز شده به دلیل داشتن ویژگی‌های ضدباکتری خوب و استحکام کششی زیاد می‌توانند در صنعت پزشکی و بسته‌بندی مورد استفاده قرار گیرند [۷۶].

محققان در مطالعه دیگری با استفاده از برگ‌های گیاه لیمو[3] نانوذرات نقره را بر روی پارچه‌های ابریشمی و پنبه‌ای سنتز کردند. ترکیباتی مانند فلاوون[4]ها، تریپنوئید[5]ها، پلی ساکاریدها و روغن‌های اساسی[6] موجود در عصاره برگ‌های لیمو، باعث احیا و پایداری نانوذرات نقره با ایجاد خواص تکمیلی ضدقارچ و ضدمیکروبی بر روی ابریشم و پنبه شدند. نتایج بررسی‌های مختلف نشان داد که فرآیند ساده، آسان، کم هزینه، غیرسمی و تجدیدپذیر با استفاده از برگ‌های لیمو در سنتز نانوذرات نقره با ایجاد خواص ضدقارچ و ضدمیکروبی می‌تواند به طور موثر در صنعت داروسازی و پزشکی مورد استفاده قرار گیرد [۷۷].

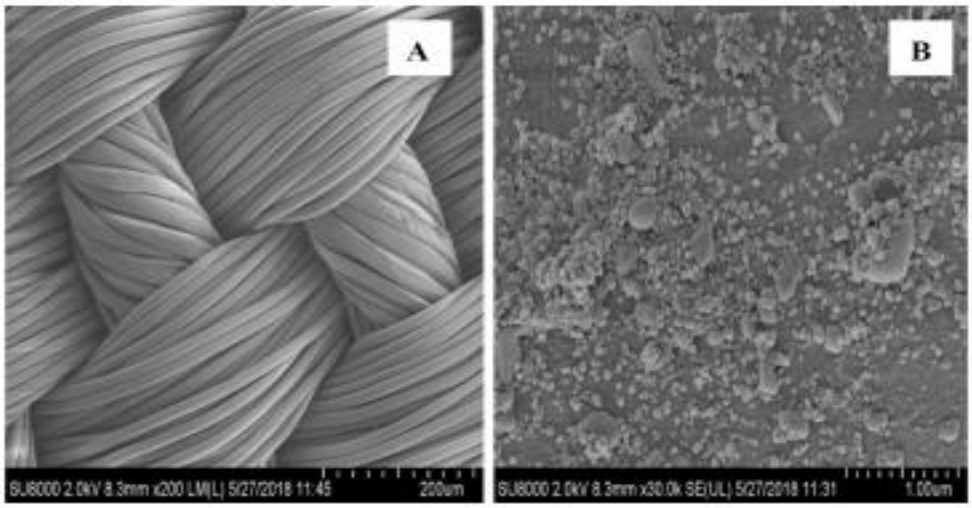
در پژوهشی دیگر نانوذرات نقره با کمک عصاره برگ‌های گیاه Muntingia calabura با هدف نفوذ دائمی ذرات با ایجاد خاصیت ضد باکتری بر روی الیاف نایلون، پلی استر و پنبه سنتز شدند (شکل ۴ و ۵). نتایج این پژوهش نشان داد که رسوب نانوذرات نقره بر سطح الیاف، باعث کاهش جذب آب و در نتیجه افزایش تراکم پارچه می‌شود. همچنین قرارگیری و نفوذ نانوذرات نقره به صورت منفرد و تشکیل آگلومرهایی با اندازه‌های مختلف باعث تغییر و اصلاح سطح الیاف پارچه نیز می‌شود. نتایج آزمون‌های ضدباکتری نشان داد که پارچه‌های پلی استر و نایلون و پنبه در برابر باکتری‌های گرم منفی نسبت به گرم مثبت فعالیت ضدباکتری بیشتری داشته و می‌توانند به صورت منسوجات ضدمیکروبی در صنعت پزشکی مورد استفاده قرار گیرند [۷۸].

[1] In situ
[2] Cellulose gel films
[3] Citrus limon
[4] Flavones
[5] Terpenoids
[6] Essential oils



شکل ۴: تصاویر FESEM از سطح الیاف: (a) پارچه ۱۰۰ درصد پنبه قبل از اتصال نانوذرات نقره؛ (b) ۱۰۰ درصد پنبه پس از اتصال نانوذرات نقره با بزرگنمایی ۳۰K [۷۸].

Figure 4: FESEM image of the textile fabric surface, with (A) 100% cotton before binded AgNPs, and (b) 100% cotton after binded AgNPs at 30K magnification [78].



شکل ۵: تصاویر FESEM از سطح الیاف: (A)پارچه ۱۰۰ درصد پلی استر قبل از اتصال نانوذرات نقره؛ (B): ۱۰۰ درصد پلی استر پس از اتصال نانوذرات نقره با بزرگنمایی ۳۰K [۷۸].

Figure 5: FESEM image of the textile fabric surface, with (A) 100% polyester before binded AgNPs and (B)100% polyester after binded AgNPs at 30K magnification [78]

در مطالعه دیگر، عصاره برگ‌های گیاه aegle marmelos در سنتز نانوذرات نقره بر روی ابریشم استفاده شد. تانن‌های موجود در برگ‌های این گیاه به نحو مطلوبی باعث احیا و پایداری نانوذرات کروی شکل و همگن با میانگین اندازه ذرات ۱۲ ±۷۳ نانومتر بر روی ابریشم شدند. حضور نانو ذرات به میزان قابل‌توجهی خاصیت ضدمیکروبی الیاف ابریشم را افزایش داد و چنین نتیجه‌گیری شد که این نوع الیاف می‌تواند در آینده با مطالعات بیشتر در صنعت پزشکی و فناوری‌های زیستی مورد استفاده قرار گیرند [۷۹].

برگ‌های گیاه تمرهندی منبع غنی از فلاونوئیدها می‌باشد. پوسفالاسا[1] و همکارانش نانو ذرات نقره را با استفاده از عصاره برگ‌های تمر هندی بر روی پارچه پلی استر به صورت هم‌زمان سنتز کردند. حضور نانوذرات کروی Ag و AgO روی پارچه پلی استر توسط پراش پرتو ایکس تایید شد و اندازه ذرات بین ۱۲۰-۵۰ نانومتر بود که باعث ایجاد خاصیت ضدباکتری در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی شد [۸۰].

برگ‌های گیاه آلوئه ورا هم در سنتز نانو ذرات نقره مورد بررسی قرار گرفته است. نانوذرات نقره Ag و Ag_2O و مخلوط آن‌ها با استفاده از عصاره برگ‌های این گیاه بر روی پارچه پنبه‌ای سنتز شده و خواص تکمیلی محافظ در برابر پرتو فرابنفش و ضد باکتری بررسی شده است. حضور نانو ذرات Ag_2O و Ag بر روی سطح پارچه پنبه‌ای توسط SEM و EDX تایید شد. خواص حرارتی، محافظت در برابر پرتو فرابنفش و فعالیت ضدباکتری در برابر باکتری‌های گرم مثبت و منفی کالای تکمیل شده با ناوذرات Ag نسبت به Ag_2O و مخلوط آنها بهتر بود.

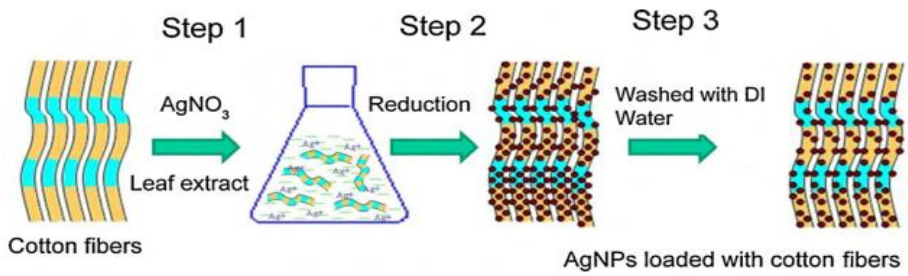
همچنین مشخص شد که تکمیل مذکور پایداری خوبی در برابر شستشو داشته، بطوری‌که خواص محافظ در برابر پرتو فرابنفش (UPF) پس از ۲۰ بار شستشو از ۲۰۴/۹ به ۱۴۸/۴ کاهش یافت [۸۱].

در مطالعه مشابه دیگر نانوذرات نقره و مس با اندازه ذرات در محدوده ۹۰-۸۰ نانومتر با عصاره برگ‌های آلوئه‌ورا به روش در محل سنتز بر روی الیاف پنبه سنتز شد و بررسی نتایج FTIR نشان داد که وجود گروه‌های هیدروکسیل و نیترو در عصاره آلوئه‌ورا نقش اساسی در احیا نانوذرات نقره دارد. نتایج آزمون XRD وجود نانوذرات CuO/Cu/AgO/Ag به صورت جداگانه و باهم بر روی الیاف پنبه را تایید کرد و مشخص شد که مخلوط نانو ذرات نقره با مس خاصیت هم افزایی مطلوبی داشته و فعالیت ضدباکتری بهتری نسبت به ذرات منفرد دارند. در نهایت نتیجه‌گیری شد که می‌توان از این منسوجات در صنعت پزشکی برای ترمیم زخم و پوشاک بهداشتی و همچنین در زمینه بسته‌بندی از آن‌ها استفاده کرد [۸۲].

برگ‌های چای دارای مواد پلی فنلی متعددی می‌باشد. در یک نانوذرات نقره با اندازه متوسط ۵ نانومتر توسط پلی فنل‌های برگ چای با هدف ایجاد خاصیت ضدباکتری بر روی سطح و درون نانو الیاف پلی اکریلونیتریل سنتز شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که گروه‌های سیانو در زنجیر پلی اکریلونیتریل و پلی فنل‌های موجود در عصاره چای به طور موثر در احیا و پایدارسازی نانوذرات نقره نقش موثری داشته و باعث ایجاد ذرات با اندازه یکسان و پایدار می‌شوند [۸۳].

در مطالعه دیگر، با استفاده از از برگ‌های دو گیاه E. citriodora (Neelagiri)و F. bengalensis (Marri) نانوذرات نقره با روش سبز بر روی پارچه پنبه سنتز شد (شکل ۶).

[1] Pusphalatha



شکل ۶: مراحل آماده‌سازی الیاف پنبه با نانوذرات نقره: (۱) الیاف پنبه در محلول حاوی نیترات نقره و عصاره برگ‌های استخراج شده غوطه‌ور می‌گردد (۲) فرآیند احیای نیترات نقره به نانوذرات نقره توسط عصاره برگ‌های استخراج شده انجام می‌شود (۳) ذرات تشکیل شده روی الیاف توسط گروه‌های عاملی هیدروکسیل/کربوکسیل تثبیت می‌شوند و سپس ذرات باقی مانده بر روی الیاف که پیوند ضعیفی بر روی سطح لیف برقرار کرده اند با آب شسته و زدوده می‌شوند [۸۴].

Figure 6: Schematic illustration of silver nanoparticles loaded cotton fibres preparative method consisting of 3 steps. (1) Cotton fibres immersed in silver nitrate containing extracted leaves solution, (2) The reduction process of silver nitrate into silver nanoparticles takes place by the extracted leaves solution, (3) The formed particles on fibres are stabilized by hydroxyl/carboxyl functional groups of extract solution deposited on nanoparticles and washing with water leads to leach out of few nanoparticles because of poor binding [84].

نتایج TEM و SEM نشان داد که نانوذرات نقره به صورت کروی با میانگین اندازه ذره ۲۱ نانومتر به صورت همگن و یکنواخت بر روی پنبه سنتز شدند که باعث بهبود پایداری حرارتی و خواص کششی پارچه‌های پنبه‌ای شدند. به علاوه، خاصیت ضدباکتری ایجاد شده دارای ماندگاری خوبی بود، به طوریکه حتی پس از چندین مرحله شستشو فعالیت ضدباکتری مناسبی در برابر باکتری E.coli داشت. در نهایت نتیجه‌گیری شد که می‌توان از این پارچه برای پانسمان سوختگی و جلوگیری از عفونت زخم در مصارف پزشکی در بیمارستان‌ها استفاده کرد [۸۴].

از دیگر تحقیقات اخیر انجام شده در سنتز سبز نانوذرات، می‌توان به استفاده از عصاره الکلی برگ‌های گیاه Clerodendron infortunatum به عنوان احیاکننده و تثبیت کننده نانوذرات نقره روی پارچه پنبه‌ای اشاره کرد. نانو ذرات کلوئیدی نقره به شکل کروی با اندازه ۶-۲ نانومتر توسط تانن‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای آلی عصاره برگ‌های گیاه سنتز شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کلوئیدهای نقره بر روی پارچه پنبه فعالیت ضدباکتری بالایی را در برابر باکتری Staphylococcus aureus نشان دادند که باعث افزایش کاربرد آن در صنایع پزشکی می‌گردد [۸۵].

بخش مختلف گیاه سماق به عنوان ماده رنگزا و دندانه طبیعی در رنگرزی گیاهی منسوجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از برگ‌های گیاه سماق به عنوان احیا و پایدارکننده طبیعی در سنتز سبز نانو ذرات نقره روی پنبه استفاده شده است. پارچه پنبه قبل از سنتز با نانوذرات نقره به روش شیمیایی سل-ژل[1] اصلاح شده تا توانایی گروه‌های جاذب برای جذب کلوئیدهای نقره افزایش یابد. برگ‌های سماق علاوه بر سنتز و پایدارسازی نانوذرات نقره، باعث ایجاد شید قهوه‌ای رنگ بر روی پنبه می‌شوند. اصلاح پنبه با فرآیند سل- ژل باعث افزایش جذب کلوئیدهای نقره و در نتیجه افزایش عمق رنگی پارچه می‌شود. پنبه تکمیل شده با نانوذرات نقره فعالیت ضدباکتری عالی (۱۰۰-۹۹ درصد) در برابر باکتری‌های E. coli و S. aureus داشت. همچنین نانوذرات نقره و عصاره برگ سماق باعث افزایش خاصیت محافظت در برابر پرتو فرابنفش (محافظت ۶۶/۵۴) شدند. در نهایت آزمون ثبات‌ها نشان‌دهنده ثبات و ماندگاری بالای تکمیل انجام شده در برابر شستشو بود [۸۶].

در مطالعه مشابه دیگر برای سنتز نانوذرات نقره با برگ سماق، شکل نانوذرات مکعبی با اندازه ۱۰۵-۵۲ نانومتر بود. با افزایش غلظت محلول نیترات نقره طیف‌های رنگی متفاوت کرم تا قهوه‌ای روی پارچه پنبه ایجاد شد. با افزایش غلظت نیترات نقره، میزان نانوذرات نقره سنتزشده افزایش یافته و باعث بهبود خاصیت ضدباکتری پارچه پنبه می‌شود. مشابه نتایج دیگر محققان، پارچه تکمیل شده فعالیت ضدباکتری عالی در برابر باکتری‌های E. coli و S. aureus با ماندگاری خوب ایجاد کرد. وجود اسید گالیک در عصاره برگ‌های سماق به همراه نیترات نقره بر روی پارچه پنبه باعث ایجاد محافظت در برابر پرتو فرابنفش با درجه محافظتی بالاتر از ۴۰ شد [۸۷].

استفاده از نانوذرات مخصوصاً نقره در تکمیل بهداشتی (ضدباکتری) منسوجات با چالش‌هایی نیز همراه است. با شستشوی مکرر نانوذرات ایجاد شده بر سطح پارچه آزاد شده و باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شوند. برای غلبه بر این مشکل یکی از راهکارهای پیشنهاد شده استفاده از پنبه کاتیونی‌شده می‌باشد. در این راستا محققان ابتدا پنبه را با CHPTAC[1] کاتیونی کردند تا جذب نانوذرات نقره بر سطح آن افزایش یابد. سپس نانوذرات نقره را به کمک عصاره برگ‌های گیاه Dodonaea aungustifolia بر روی پارچه پنبه اصلاح شده سنتز شد. نتایج نشان داد که وجود ۱/۳۷ درصد عنصر نیتروژن در پنبه کاتیونی‌شده باعث بهبود پایداری نانوذرات نقره می‌شود. همچنین نتایج فعالیت ضدباکتری نشان داد که پنبه کاتیونی‌شده در مقایسه با پارچه خام فعالیت ضدباکتری بیشتری

[1] Sol-gel

داشته و ۹۹ درصد فعالیت ضدباکتری خود را پس از ۵۰ بار چرخه شستشو حفظ می‌کند که می‌توان از آن به صورت گسترده در مقابله با عفونت‌ها و محیط‌های حساس در جلوگیری از رشد باکتری‌های بیماری زا استفاده کرد [۸۸].

۲-۳-۱-۲- ریشه و ساقه زیرزمینی

دیگر بخش از گیاهان که در تهیه نانو ذرات نقره به عنوان عامل احیاکننده و پایدارکننده استفاده شده است ریشه و ساقه زیرزمینی گیاهان می‌باشد که در جدول ۲ جزئیات مربوط به آنها ارائه شده و در ادامه به بررسی تحقیقات مذکور پرداخته می‌شود.

در مطالعه اخیر، نانوذرات نقره با کمک عصاره ریشه گیاه باکالین[۲] بر روی الیاف ابریشم سنتز شد. ریشه گیاه باکالین دارای ترکیبات پلی فنولیک و اسید کربوکسیلیک می‌باشد که به ترتیب باعث احیا و پایداری نانوذرات می‌شوند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عصاره گیاه باکالین، عملیات هسته‌زایی[۳] نیز بیشتر شده و موجب افزایش مقدار نانوذرات و کاهش میانگین اندازه نانو ذرات نقره می‌شود. همچنین با افزایش غلظت پیش ساز فلزی (نیترات نقره) میانگین اندازه نانوذرات بیشتر می‌شود. ابریشم حاوی نانو ذرات نقره فعالیت ضدباکتری و ضداکسیدشدن قابل‌توجهی نشان داد که حتی پس از ۳۰ بار شستشوی مکرر تا میزان زیادی پایدار بود. در نهایت نتیجه‌گیری شد که می‌توان از آن در کاربردهای پزشکی و پوشاک بهداشتی استفاده کرد [۸۹].

از ریشه گیاه زردچوبه به دلیل داشتن ترکیبات طبیعی مفید با خاصیت ضدباکتری ذاتی قابل‌توجه در صنایع غذایی و داروئی استفاده می‌شود. همچنین از آن به عنوان ماده رنگزای طبیعی برای رنگرزی الیاف طبیعی و مصنوعی استفاده می‌شود. در یک مطالعه از پودر ریشه گیاه زردچوبه به عنوان عامل احیا و تثبیت‌کننده استفاده شد و نانوذرات نقره کروی شکل با اندازه ۱۳۰-۴۱ نانومتر بر روی پنبه سنتز شدند. نتایج نشان داد که نانوذرات ایجاد شده بر روی پنبه، در برابر شستشو با آب و صابون پایداری بالایی داشته، باعث افزایش درجه بلورینگی پنبه شده، پایداری حرارتی پنبه را تا دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بهبود داده و در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی فعالیت ضدباکتری بالایی را دارند که می‌توان از آن‌ها در پوشاک بیمارستانی استفاده کرد [۹۰].

مطالعه مشابه دیگر بررسی تاثیر استفاده از عصاره و پودر زردچوبه بر بازده سنتز نانوذرات نقره روی پنبه نشان داد که تعداد نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره زردچوبه به مراتب بیشتر از روش استفاده از پودر آن می‌باشد که دلیل آن دسترسی راحت تر و بیشتر ترکیبات فعال، که نقش احیاکنندگی و پایدارکنندگی دارند، به یون‌های نقره می‌باشد و که باعث تسهیل فرآیند سنتز نانوذرات می‌شود. نانوذرات نقره دارای اشکال مختلفی نظیر کروی، چند وجهی، بیضی و مثلثی شکل بودند که فعالیت ضد باکتری بالایی را در برابر شستشو از خود نشان دادند. محققان نتیجه گرفتند که زردچوبه به عنوان یک ماده طبیعی، ارزان قیمت، در دسترس و بدون ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌تواند به عنوان منبع مناسب برای سنتز نانوذرات نقره با ایجاد فعالیت ضدباکتری قوی، در صنایع مختلف استفاده شود [۹۱].

[1] CHPTAC (3-chloro-2-hydroxypropyltrimethyl ammonium chloride)
[2] Baicalin
[3] Nucleation

جدول ۲: مشخصات و ویژگی‌های نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از ریشه و ساقه زیرزمینی گیاهان.
Table 2: Specifications and characteristics of silver nanoparticles synthesized using palnt roots and rhizomes.

Plant	Used part	Reducing/ capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	Substrate	Application	Ref.
Baicalin	Root	Polyphenolic compounds, Carboxylic acid	In-situ	Spherical	60	Silk	Colorant, Antioxidant, Antibacterial	[89]
Turmeric powder		Curcumin	Ex-situ	Spherical	41-130	cotton	Antibacterial	[90]
Curcuma lon		Terpenoids / Proteins	Ex-situ	Decahedral, Triangular, Spherical, Ellipsoidal	For CLP 71, for CLPE 80	cotton	Antibacterial	[91]
Madder		Alizarin	In-situ	Spherical	375	Wool	Antibacterial	[92]
Beta vulgaris		Nitrogrnous compounds, Sugars	Ex-situ	___	35-80	cotton	Antibacterial	[73]
Solanum tuberosom	Rhizome	Melanin	Ex-situ	Spherical	35-50	Wool	Antimicrobial	[93]

ریشه روناس به عنوان ماده رنگزای طبیعی در رنگرزی الیاف و منسوجات همراه با دندانه‌های فلزی مختلف برای افزایش تنوع شیدهای رنگی و بهبود ثبات‌های رنگی استفاده می‌شود. در یک مطالعه اخیر، از مواد طبیعی ریشه روناس هم به عنوان ماده رنگزا و هم به عنوان ماده احیاکننده در سنتز نانو ذرات نقره روی پشم استفاده شد. برای بررسی مقایسه تاثیر روناس به عنوان احیاکننده از بوروهیدرید سدیم نیز به عنوان احیاکننده شیمیایی استفاده شد. نتایج SEM نشان داد که اندازه نانوذرات نقره سنتز شده به همراه بوروهیدرید سدیم به عنوان احیاکننده و سپس رنگرزی شده با ریشه روناس ۷۳ نانومتر و اندازه ذرات در پارچه پشمی‌رنگرزی شده با روناس به همراه نیترات نقره ۳۷۵ نانومتر بود. همچنین مقایسه قدرت رنگی هر دو پارچه پشمی رنگرزی شده با غلظت برابر روناس نشان داد که پارچه پشمی پیش عمل آوری[1] شده با نانوذرات نقره به همراه سدیم بوروهیدرید از قدرت رنگی بالاتری نسبت به پارچه پیش عمل‌آوری شده با نیترات نقره برخوردار بود. در نهایت نتیجه‌گیری شد که ریشه روناس به دلیل داشتن آلیزارین[2]، پورپورین[3] و روبیادین[4] دارای اثرات احیا کنندگی بوده، اما در مقایسه با سدیم بوروهیدرید به عنوان عامل احیاکننده قوی، احیاکنندگی کم‌تری دارند [۹۲].

از ریشه چغندر قرمز (Beta vulgaris) نیز در سنتز نانو ذرات نقره روی پنبه استفاده شده است. نانوذرات نقره اندازه ۸۰-۳۵ نانومتر داشته و به میزان قابل‌توجهی رشد باکتری‌های بیماری زا و مخمرها را مهار نمودند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که نانوذرات نقره با نداشتن سمیت سلولی، روش سنتز ساده، دوست‌دار محیط‌زیست و هزینه کم می‌توانند منسوجات بیمارستانی را در برابر باکتری‌های بیماری زا مقاوم سازد و از رشد و گسترش آن‌ها جلوگیری کند [۷۳].

ملانین رنگدانه طبیعی موجود در پوست، مو و چشم حیوانات و انسان است که سبب ایجاد رنگ می‌شود. در پژوهش جالب اخیر با استفاده از روش سبز ملانین از ترکیب آب سیب زمینی (حاوی ویتامین‌های معدنی، چربی، قند، پروتئین و ترکیبات پلی فنلی) با کتچول تهیه شد و برای سنتز نانوذرات نقره روی پشم استفاده شد. ملانین با احیا کردن یون‌های نقره به نانوذرات نقره، بدون هیچ ماده تثبیت‌کننده دیگری، نانوذرات با میانگین اندازه ۴۵ نانومتر به شکل کروی حاصل کرد که خواص ضدباکتری عالی بر روی پارچه پشمی داشت [۹۳].

۲-۳-۱-۳- گل و قسمت‌های هوایی[5]

بخش‌های هوایی و گل‌های گیاهان حاوی ترکیبات زیستی مختلف بوده و امروزه در سنتز نانوذرات به عنوان احیاکننده و همچنین پایدارکننده استفاده می‌شوند. در این بخش به بررسی مقالات اخیر منتشر شده در خصوص استفاده از آنها برای سنتز نانوذرات نقره روی منسوجات پرداخته می‌شود که جزئیات مربوطه در جدول شماره ۳ نیز ذکر شده است.

از گل‌های گیاه گلرنگ[6] در سنتز نانوذرات نقره روی الیاف پشمی استفاده شد و عوامل موثر بر بازده فرآیند نظیر زمان واکنش، دمای سنتز و غلظت عصاره گیاهی بررسی شد. نتایج نشان داد که نرخ سنتز نانوذرات نقره در ۱۵ دقیقه اول واکنش بسیار آهسته بوده، بطوریکه پس از گذشت ۲۰ دقیقه رنگ محلول تدریجاً تغییر یافته و در ۶۰ دقیقه بازده سنتز نانوذرات به مقدار بیشینه می‌رسد.

[1] Pre-treating
[2] Alizarin
[3] Purpurin
[4] Rubiadin
[5] Aerial parts
[6] Carthamus tinctorius L.

جدول ۳ : مشخصات و ویژگی‌های نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از گل و قسمت‌های هوایی گیاهان.

Table 3: Specifications and characteristics of silver nanoparticles synthesized using plant flowers and aerial parts.

Plant	Used part	Reducing/ capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	Substrate	Application	Ref.
Safflower	Flowers	Luteolin, Glucoside	Ex-situ	Spherical	20-70	Wool	Antibacterial	[94]
P. pterocarpum		___	Ex-situ	Cubic	86	Cotton	Antibacterial, Tensile strength properties	[95]
Erigeron annuus (L.)		Flavonoids	Ex-situ	Spherical, Hexagonal	10-20	Cotton, tanned leather	Antibacterial	[96]
Honey suckle		Chlorogenic acid	Ex-situ	Spherical	20-90	Silk	Colorant, Antibacterial, Antioxidant	[10]
Fraxinus excelsior		___	In-situ	Spherical	__	Woowen glass fabric	Colorant	[97]
Malva sylvestris		Delphinidin, Malvidin	In-situ	___	50-80	Cotton	Colorant, Antibacterial, Antioxidant	[98]
Lythrum salicaria	Aerial and flower	Tannins, Triterpenoids, Anthocyanins, Flavonoids	In-situ	Spherical	40-65	Cellulose, chitosan and Lignocellulose nanofibers	Antimicrobial	[99]

پیک جذبی در طول موج ۴۱۵ نانومتر نشان‌دهنده حضور نانوذرات نقره در محلول بود. همچنین آزمون ضدباکتری نشان داد که عصاره گلرنگ به تنهایی قادر به ایجاد خاصیت ضدباکتری روی پشم نبوده، در حالی‌که به دلیل حضور نانوذرات نقره فعالیت ضدباکتری پارچه پشمی به میزان قابل‌توجهی افزایش یافت [۹۴].

در پژوهش دیگر از عصاره گل P. pterocarpum به همراه انرژی فراصوت برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه پنبه ای استفاده شد. استفاده از فراصوت با شکستن ذرات تجمع یافته باعث پخش شوندگی بهتر نانوذرات شده و همچنین قرارگیری همگن ذرات بر روی پارچه پنبه را موجب می‌شود. میانگین اندازه ذرات کروی شکل سنتز شده ۸۶ نانومتر بود که باعث افزایش مقاومت کشسانی پنبه و همچنین ایجاد فعالیت ضدباکتری قابل‌توجه روی پارچه پنبه ای شد. نانوذرات نقره به دلیل برقراری پیوندهای شیمیایی و فیزیکی با گروه‌های عاملی پنبه و همچنین پایداری آن‌ها بر سطح پارچه، مقاومت خوبی در برابر شستشوهای مکرر با آب نشان دادند [۹۵].

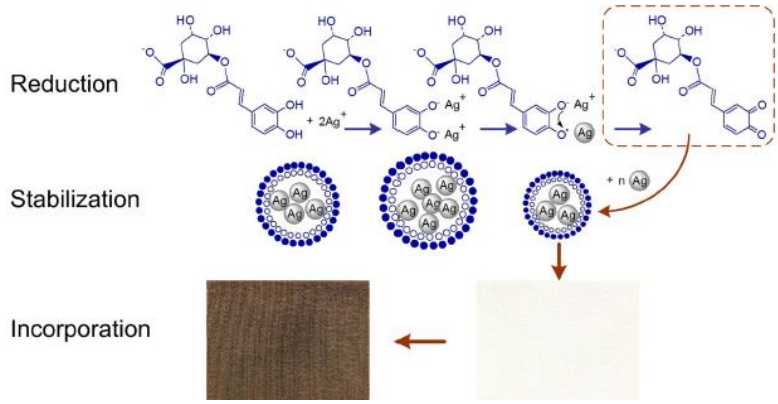
عصاره گل[1] حاوی فلاونوئیدها و ترکیبات پلی فنلی متعددی می‌باشد که اخیراً از آن برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه پنبه ای و چرم دباغی استفاده شده است. ترکیبات پلی فنلی در عصاره به طور موثری باعث احیا و پایداری ذرات با اندازه ۱۰ الی ۲۰ نانومتر شدند. شرایط بهینه pH =۷، غلظت نیترات نقره ۲ میلی مولار، غلظت عصاره ۴ درصد و زمان ۳۵ دقیقه بود. نتایج نشان داد که پارچه پنبه‌ای تکمیل شده فعالیت ضدباکتری بالایی داشته و چرم پوشش شده با نانوذرات نقره نیز حتی پس از چندین بار شستشو فعالیت ضدباکتری خوبی دارد و به نحو موثری از ایجاد و پخش بو جلوگیری میکند. محققان نتیجه‌گیری کردند که با استفاده از عصاره گل Erigeron annuus به همراه نانوذرات نقره می‌توان در تولید محصولات ورزشی و کفش با خواص ارتقا یافته و فاقد بو استفاده کرد [۹۶].

در شکل ۷ سازوکار سنتز نانو ذرات نقره روی پارچه ابریشم با استفاده از عصاره گل پیچ امین الدوله[2] به عنوان احیاکننده و پایدارکننده طبیعی نشان داده شده است. در این پژوهش عوامل موثر نظیر pH ، غلظت عصاره طبیعی و غلظت نیترات نقره بر بازده فرایند بررسی و مشخص شد که با افزایش pH از ۶ به ۱۰، نانوذرات نقره بیشتر با اندازه‌های کوچک‌تر سنتز شدند. مشابه نتایج دیگر محققان [۸۹، ۹۶] با افزایش غلظت عصاره گیاهی میانگین اندازه ذرات کاهش می‌یابد که دلیل آن افزایش خود به خودی فرآیند هسته‌زایی و در نتیجه تولید تعداد هسته بیشتر می‌باشد که در نهایت باعث افزایش تعداد نانوذرات و کاهش اندازه آن‌ها می‌شود. همچنین توزیع یکنواخت و چگالی زیاد نانوذرات نقره سنتز شده بر روی پارچه ابریشمی با رنگ قهوه ای، باعث ایجاد و ماندگاری فعالیت ضدباکتری و ضداکسیدشوندگی قابل‌توجه حتی پس از گذشت ۳۰ بار شستشو مکرر می‌شود [۱۰].

در پژوهشی دیگر از عصاره گل‌های گیاه خاکستر (Fraxinus excelsior) برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه بافته شده از الیاف شیشه استفاده شد. نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان داد که نانوذرات نقره به صورت شفاف و یکنواخت با اشکال کروی بر روی سطح الیاف شیشه پخش شده و باعث ایجاد رنگ‌های روشن و درخشان در الیاف شیشه شدند. محققان نتیجه‌گیری کردند که از این روش می‌توان به عنوان یک جایگزین سبز و دوست‌دار محیط‌زیست می‌توان در تولید منسوجات شیشه ای استفاده کرد [۹۷].

گل‌های گیاه Malva sylvestris حاوی دلفینیدین[3] و مالویدین[4] بوده و به عنوان منبع ماده رنگزای طبیعی در رنگرزی منسوجات مختلف همراه با دندانه‌های فلزی استفاده می‌شود. اخیراً در یک پژوهش نانوذرات نقره با استفاده از عصاره گل‌های این گیاه در محل بر روی پارچه پنبه سنتز شده و خواص آن بررسی شده است.

[1] Erigeron annuus
[2] Honeysuckle
[3] Delphinidin
[4] Malvidin



شکل ۷: اتصال و قرارگیری نانوذرات نقره سنتز شده توسط عصاره گل‌های پیچ امین الدوله بر روی ابریشم [۱۰].
Figure 7: Incorporation of the AgNPs synthesized by honeysuckle extract onto silk [10].

بدین ترتیب که برای جذب بهتر مواد رنگزا، ابتدا پارچه پنبه با مقادیر مختلف از تانیک اسید و دندانه‌های سولفات آلومینیم، سولفات آهن و سولفات مس به صورت جداگانه عمل شده و سپس با استفاده از محلول نیترات نقره و عصاره گیاه، نانوذرات نقره بر روی آن سنتز شده است. نتایج نشان داد که استفاده از اسید تانیک و دندانه‌های مختلف باعث بهبود جذب ماده رنگزا و نانوذرات نقره شده است. همچنین دلفینیدین و مالویدین موجود در عصاره و اسید تانیک در سنتز و پایدارسازی نانوذرات نقره نقش بسیار موثری داشته‌اند. به علاوه مشاهده شد که استفاده از نیترات نقره باعث افزایش قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده است. استفاده از اسید تانیک باعث افزایش ثبات‌های رنگی و خواص ضداکسیدشدنی نمونه‌های رنگرزی و تکمیل شده می‌گردد. نتایج آزمایش ضداکسیدشوندگی نشان داد که پنبه رنگرزی و تکمیل شده پایداری بسیار زیادی در برابر شستشو داشته، به طوری‌که پس از ۱۰ بار شستشوی مکرر فعالیت ضدباکتری خود را تا ۹۵ درصد حفظ می‌کند [۹۸].

بخش‌های هوایی و گل‌های گیاه Lythrum salicaria حاوی تانن‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌باشند. محققان از این گیاه برای سنتز نانوذرات نقره بر روی نانو الیاف سلولز، کیتوسان و لیگنوسلولز[1] استفاده کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که میزان آزادسازی نانوذرات از بستر لیگنوسلولز نسبت به سایر نانو الیاف کمتر می‌باشد. با این حال فعالیت ضدباکتری نانو الیاف به ترتیب کیتوسان>لیگنوسلولز>سلولز بود که دلیل آن خاصیت ضدباکتری ذاتی پلیمر کیتوسان می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که نانو الیاف کیتوسان و لیگنوسلولز قابلیت بیشتری در نگهداری و تثبیت نانوذرات نقره نسبت به نانو الیاف سلولز دارند [۹۹].

گیاه اسپرک با نام علمی.L Reseda luteola مهم‌ترین منبع رنگ طبیعی زرد بوده و از دیرباز برای رنگرزی الیاف مورد استفاده قرار گرفته است. لوتئولین و آپیجنین مهم‌ترین پلی فنل‌های موجود در اسپرک هستند که قابلیت احیا و پایدارسازی نانوذرات نقره را دارند. محققان در پژوهش اخیر نانوذرات نقره را با استفاده از عصاره گیاه اسپرک و ترکیب بوروهیدرید سدیم به ترتیب به عنوان عامل پایدارکننده و احیاکننده سنتز کردند [۱۰۰]. نتایج آزمایشات مختلف نشان داد که لوتئولین از قدرت احیاکنندگی بیشتری برخوردار است و هر مولکول لوتئولین قابلیت احیا دو یون نقره، به فلز نقره را دارد. همچنین داده‌های بدست آمده نشان داد با افزایش غلظت ماده به عنوان احیاکننده، میزان هسته زایی ذرات نقره بیشتر می‌شود که در نتیجه باعث افزایش تولید میزان نانوذرات نقره و کاهش اندازه آن‌ها می‌گردد. از طرف دیگر افزایش بیش از اندازه غلظت ماده رنگزا در محلول باعث می‌شود که نانوذرات نقره سنتز شده با باقی مانده مواد رنگزای موجود در محلول احاطه شوند و تجمع نانوذرات را موجب شوند. داده‌های بدست آمده نشان داد که نانوذرات نقره کروی شکل با اندازه‌های ۱۳-۳ نانومتر در محدوده pH =۳-۱۲ و در دمای ۸۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک هفته پایدار بوده و فعالیت ضدباکتری بالایی داشتند [۱۰۱].

۲-۳-۱-۴- میوه و دانه

میوه و دانه گیاهان شامل ترکیبات شیمیایی مختلفی هستند که قابلیت احیا و پایداری نانوذرات را دارند. در جدول ۴ جزئیات مربوط به مقالات اخیر در این خصوص ارائه شده که در ادامه به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

[1] Lignocellulose

جدول۴: مشخصات و ویژگی‌های نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از میوه و دانه گیاهان.

Table 4: Specifications and characteristics of silver nanoparticles synthesized using plant fruits and seeds.

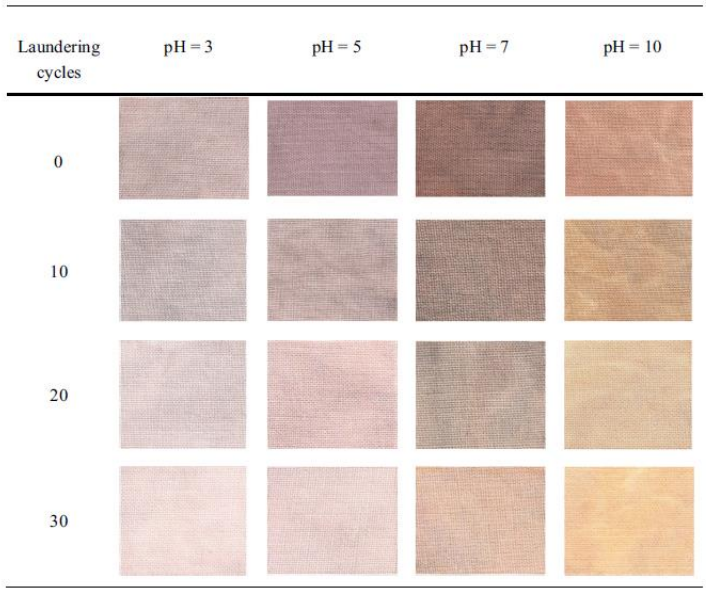
Plant	Used part	Reducing/capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	Substrate	Application	Ref.
Black rice	Seeds	Anthocyanin	In-situ	——	50-220	Cotton	Antibacterial	[102]
Gardenia yellow		Carotenoid, Iridoid flavonoids, Monoterpenoids, glycosides	In-situ	Spherical	~22.5	Cotton	Colorant, Antibacterial, UV Protective, Antibacterial	[103]
Zanthoxylum rhesta	Fruits	Polyphenols/Oleic and Stearic acid	In-situ	Cubic	37	Cotton	Antimicrobial	[104]
Aegle marmelos		Carotenoids, Phenolics, Alkaloids, Pectins, Tannins, Coumarins, Flavonoids, and Terpenoids	Ex-situ	spherical, hexagonal with smooth edges	10-75	Cotton, silk,leather	Fastness properties,	[105]
Allium cepa L		Flavonoids	In-situ	Spherical	36-98	Cotton	Antimicrobial	[106]

دانه‌های برنج سیاه حاوی مقادیر زیادی آنتوسیانین می‌باشد. ژانگ[1] و همکارانش از عصاره برنج سیاه برای رنگرزی و تکمیل هم‌زمان پارچه پنبه استفاده کردند. بدین ترتیب که با افزودن یون‌های نقره به حمام رنگرزی حاوی عصاره برنج سیاه، یون‌های نقره در محلول احیا و پایدارسازی شده و نانو ذرات نقره سنتز شدند و هم‌زمان روی الیاف پنبه پوشش داده شدند. نتایج نشان داد که pH محلول اثر قابل‌توجهی بر نوع رنگ و میزان قدرت رنگی دارد و pH=۱۰ به عنوان مقدار بهینه تعیین شد که در این شرایط قدرت رنگی، ثبات شستشویی و فاکتور محافظت در برابر پرتو فرابنفش نسبت به سایر pHها بهتر بوده و عملکرد بهتری داشت. اندازه نانوذرات نقره در محدود ۲۲۰-۵۰ نانومتر بود که با افزایش pH اندازه ذرات کاهش یافت. تفاوت شیدهای رنگی ایجاد شده و ثبات نوری پارچه‌های رنگرزی شده به pH نهایی حمام و همچنین مقدار نانوذرات نقره روی کالا بستگی دارد (شکل ۸). پنبه رنگرزی و تکمیل شده در شرایط بهینه مذکور فعالیت ضدباکتری بسیار خوبی داشته، بطوریکه حتی پس از ۲۵ بار شستشوی مکرر خانگی حدود ۸۰ درصد فعالیت ضدباکتری خود در برابر باکتری‌های E. coli و S. aureus را حفظ می‌کند [۱۰۲].

مواد رنگزای gardenia yellow از دانه گیاه Gardeniae fructus به دست می‌آید و در رنگرزی منسوجات به همراه دندانه‌های فلزی و سایر مواد تعاونی به کار می‌رود. ترکیبات زیستی موجود در عصاره gardenia yellow شامل ایریدوئید[2]، کاروتنوئید[3]، مونوترپنوئید، فلاونوئید و گلیکوزید می‌باشند. محققان از این ماده رنگزای طبیعی در فرآیند رنگرزی و تکمیل چندکاره پنبه استفاده کردند. هیچ گونه مواد شیمیایی و دندانه‌های فلزی در این فرآیند استفاده نشد و یون‌های نقره توسط عصاره گیاه به طور موثری احیا و پایدارشده و نانوذرات نقره کروی شکل با میانگین اندازه ۲۲/۵ نانومتر سنتز و بر روی الیاف پنبه پوشش داده شد. نتایج نشان داد که ترکیبات طبیعی علاوه بر احیا و پایدارسازی نانوذرات باعث بهبود جذب و اتصال نانوذرات نقره بر روی سطح پارچه پنبه‌ای می‌گردند. پارچه پنبه رنگرزی و تکمیل شده دارای قدرت رنگی زیاد و رنگ‌های درخشانی بوده و فعالیت ضدباکتری و محافظت در برابر پرتو فرابنفش بسیار مطلوبی نشان داد [۱۰۳].

میوه گیاه Zanthoxylum rhesta حاوی ترکیبات پلی فنلی، اسید اولئیک[4] و اسید استئاریک[5] می‌باشد. در مطالعه‌ای که اخیراً انجام شده است از دو روش فراصوت و روش مرطوب با استفاده از عصاره میوه گیاه مذکور در سنتز نانوذرات نقره روی پنبه استفاده شده و نانوذرات نقره با اندازه ۳۷ نانومتر سنتز شد. نتایج آزمایشات SEM/DLS/XRD/ATIR-FTIR نشان داد که نانوذرات نقره به صورت همگن در هر دو روش بر روی پارچه پنبه ای قرار گرفته اند. اما روش فراصوت در مقایسه با روش مرطوب در پراکندگی و یکنواختی نانوذرات نقره موثرتر عمل کرده است. پارچه‌های پنبه تکمیل شده با نانوذرات نقره فعالیت ضدباکتری بالایی را در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان دادند [۱۰۴].

[1] Zhang
[2] Iridoid
[3] Carotenoid
[4] Oleic acid
[5] Stearic acid



شکل ۸: تغییر رنگ پارچه‌های پنبه ای رنگی حاوی نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره برنج سیاه در pHهای مختلف و چرخه شستشوی متعدد [۱۰۲].

Figure 8: Photographs of color changes of colorful cotton fabrics containing black rice extract assited biosynthesized silver nanoparticles at different pH values and washing cycles [102]

در مطالعه دیگری روش سنتز شیمیایی، زیستی و ترکیب آن‌ها در سنتز نانوذرات نقره روی ابریشم، پنبه و چرم استفاده شد. در روش سنتز زیستی از عصاره میوه Aegle marmelos به عنوان احیا و پایدار کننده و در سنتز شیمیایی استفاده از هیدروکسید سدیم استفاده شد. همچنین ترکیب دو روش شیمیایی و زیستی نیز بررسی شد. نتایج آزمایش FE-SEM نشان داد که نانوذرات نقره در هر سه روش به نحو مطلوبی روی هر سه کالا پوشش داده شده اند. ترکیب دو روش زیستی و شیمیایی نسبت به دو روش جداگانه دیگر، فعالیت ضدباکتری بیشتر، ثبات رنگی بهتر و استحکام کششی بیشتری را برای هر سه کالای تکمیل شده ابریشم، پنبه و چرم نشان داد [۱۰۵].

ریشه پیاز حاوی ترکیبات متعدد پلی فنلی و فلاونوئیدی می‌باشد. محققان با استفاده از عصاره پیاز نانوذرات نقره کروی شکل با اندازه ۹۸-۳۶ نانومتر را روی پنبه سنتز کردند. پارچه عمل شده ماندگاری و فعالیت ضدباکتری زیادی را در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان داد، بطوری‌که حتی پس از ۵۰ بار شستشو فعالیت ضدباکتری در برابر باکتری‌های گرم مثبت ۹۲ درصد و در برابر باکتری‌های گرم منفی ۹۰ درصد گزارش شد [۱۰۶].

۲-۳-۱-۵- ضایعات و پسماندهای گیاهان

پوست، ضایعات و پسماندهای گیاهان منبع مناسب، ارزان قیمت و در دسترس بوده که حاوی ترکیبات زیستی متنوعی می‌باشند و از ظرفیت آن‌ها در سال‌های اخیر برای رنگرزی و تکمیل چندکاره الیاف طبیعی و مصنوعی و همچنین سنتز سبز نانوذرات مختلف استفاده شده است. در این بخش مقالات منتشر شده در سال‌های اخیر در مورد استفاده از پوست میوه و ضایعات گیاهان برای سنتز نانوذرات نقره پرداخته می‌شود. جزئیات مربوط به مقالات در جدول ۵ ذکر شده که در ادامه به توضیح آن‌ها پرداخته می‌شود.

جدول ۵: مشخصات و ویژگی‌های نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از پوست میوه و ضایعات گیاهان.

Table 5: Specifications and characteristics of silver nanoparticles synthesized using fruits skin and other plant wastes.

Plant	Used part	Reducing/ capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	substrate	Application	Ref.
Mango	Peel	Aldehydes, Ketone, Carboxyl and Hydroxyl	Ex-situ	Spherical	7-27	Cotton	Antibacterial	[107]
Pomegranate		Punicalin. Punicalagin,,Ellagic acid, Tannin	In-situ	Spherical	20,50	Cotton	Colorant, Antioxidant, Antimicrobial	[108]
Pomegranate		Polyphenols	Ex-situ	Spherical	17-30	Wool	Antibacterial	[109]
Peanut waste shell		Flavonoids compounds	In-situ	Spherical	___	Cotton	Colorant, Antioxidant, Antimicrobial	[111]
Arachis hypogaea L (peanut)	Red skin	Flavonoid /Phenolic compound	In-situ	Spherical	132.3, 92.2	Viscose	Colorant, Antioxidant, Antimicrobial, UV protective	[112]
Pineapple	Crown and peel	Sucrose, Fructose, Glucose	In-situ	Spherical	10-60	Cotton	Colorant, Antioxidant, Antibacterial	[113]
Tea	Stem waste	phenolic compounds	Ex-situ	Spherical	10-20	Silk	Antibacterial, UV protective	[114]
Tamarindus Indica L	Seed coat	Tannins	In-situ	___	20-50	Cotton	Crease resistance, Antibacterial, Antioxidant, UV protective, Flame retardant	[115]
Sequoiadendron giganteum	Bark (tree)	___	In-situ	Spherical	___	Hemp and cotton	Colorant, Fastness and Tensile strength properties	[116]
Pterocarpus santalinus	Heart wood	Flavonoids, sugars, Proteins, Glucose	In-situ	Spherical	71-90	Cotton	Antibacterial	[117]
Taxus baccata	Heart wood	___	In-situ	___	___	Cotton	Colorant, Fastness properties	[118]

(ادامه جدول ۵)

Plant	Used part	Reducing/ capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	substrate	Application	Ref.
Seidlitzia rosmarinus	Leaf and stem ash	Sodium and Potassium carbonate	In-situ	Spherical	16	Cotton	Antibacterial, Tensile strength properties	[119]
Seidlitzia rosmarinus		Sodium and Potassium carbonate	In-situ	___	__	Polyester	Antibacteria, Tensile strength, properties ، soft handle, flexibility	[120]
Seidlitzia rosmarinus		Sodium and Potassium carbonate	In-situ	Star	13	Cotton	Antibacterial, Tensile strength properties, self cleaning wettability,whiteness properties	[121]

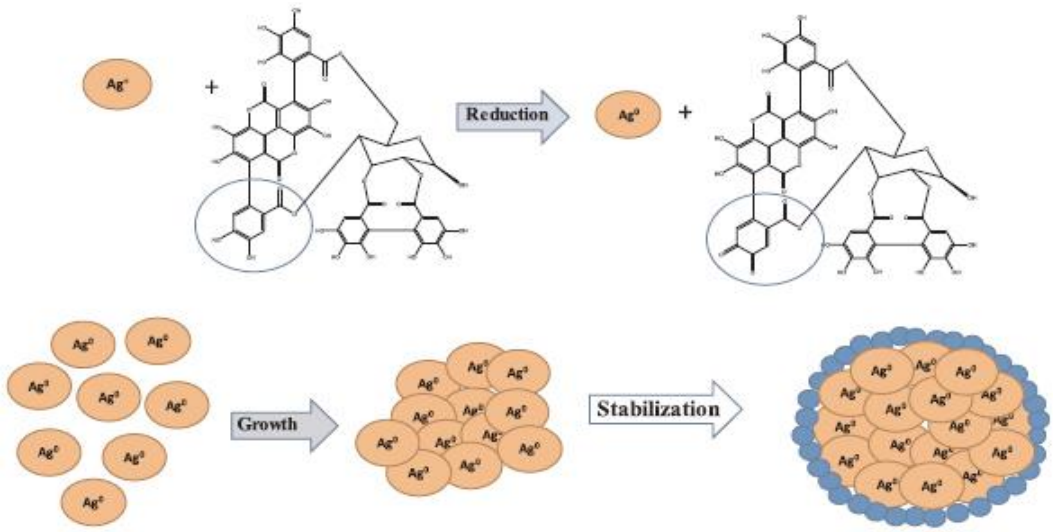
پوست میوه انبه سرشار از ترکیبات طبیعی مختلف با گروه‌های عاملی متعدد نظیر آلدهید، کتون، هیدروکسیل و کربوکسیل می‌باشد که این گروه‌ها نقش مهمی را در تهیه نانوذرات نقره دارند. نتایج پژوهش اخیر در استفاده از عصاره پوست انبه در سنتز نانو ذرات کروی شکل با اندازه ۲۷-۷ نانومتر روی پنبه نشان داد که عواملی نظیر pH، غلظت عصاره گیاهی، غلظت پیش ساز فلزی نقره و دمای واکنش تاثیر بسزایی در کنترل اندازه نانوذرات دارند. با افزایش pH رنگ محلول از زرد مایل به قهوه‌ای به قهوه‌ای تیره تبدیل می‌شود که دلیل بر سنتز نانو ذرات نقره می‌باشد. همچنین با افزایش pH پیک جذب در طیف UV-Vis به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر رفته و پیک جذب باریک‌تر می‌شود که نشان دهنده سنتز ذرات با اندازه کوچک‌تر می‌باشد. غلظت عصاره گیاهی و غلظت نیترات نقره نیز از عوامل تاثیرگذار بر کیفیت و اندازه نانوذرات می‌باشند که در این پژوهش با افزایش میزان غلظت عصاره گیاهی و نیترات نقره، طیف جذبی UV-Vis به سمت طول موج‌های بالاتر رفته که نشان دهنده افزایش اندازه نانوذرات می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهند که در سنتز نانوذرات برای هر منبع گیاهی ابتدا باید عوامل موثر شناسایی و سپس بهینه شوند تا بیشترین بازده و مطلوب‌ترین نتیجه حاصل شود [۱۰۷].

در پوست میوه انار ترکیبات متعددی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به پونیکالین[1] اسید الاجیک[2] و تانن اشاره کرد. از پوست انار از دیرباز برای رنگرزی الیاف طبیعی استفاده شده و امروزه با آگاهی از خواص ترکیبات آن در تکمیل چندکاره نظیر ضدباکتری، ضداکسیدشدن و محافظ فرابنفش نیز استفاده می‌شود. علاوه بر موارد مذکور در مطالعه اخیر از عصاره پوست انار در سنتز نانوذرات نقره روی پارچه پنبه [۱۰۸] و پشم [۱۰۹] استفاده و مشاهده شد که پارچه‌های رنگرزی و تکمیل شده با عصاره پوست انار و نانوذرات نقره دارای خواص ضدباکتری، ضداکسیدشدن و ثبات‌های رنگی ارتقا یافته بود. در شکل ۹ سازوکار سنتز (احیای یون‌های نقره و پایدارسازی) نانوذرات نقره با عصاره پوست انار نشان داده شده است.

در مطالعه مشابه دیگر با استفاده از پوست انار نانوذرات نقره به کمک بوروهیدرید سدیم احیا و با پوست انار تثبیت شدند. نتایج آزمایش مختلف نشان داد که نانوذرات نقره در دمای ۸۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد و در محدوده pH= ۱۲-۳ پایدار می‌باشند. با افزایش غلظت عصاره پوست انار میزان هسته زایی نانوذرات نقره افزایش می‌یابد که باعث تولید نانوذرات بیشتر با اندازه‌های کوچک‌تر می‌شود. نتایج آزمایش ضدباکتری نشان داد که نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره پوست انار از فعالیت ضدباکتری خوبی برخوردار هستند که با افزایش غلظت عصاره گیاهی، میزان فعالیت ضدباکتری نانوذرات نقره سنتزشده کاهش می‌یابد [۱۱۰].

پوسته بادام زمینی دیگر پسماند کشاورزی است که حاوی پلی فنل‌های طبیعی می‌باشد شاهید الاسلام[3] و همکارانش از عصاره آن برای سنتز نانوذرات نقره بر روی پارچه پنبه اصلاح شده با کیتوسان استفاده کردند. بدین ترتیب که ابتدا پارچه پنبه در محلول پلیمر زیستی کیتوسان به مدت ۲۴ ساعت عمل شد و پس از آن با مقادیر مختلف نیترات نقره ۰/۵-۱/۵ میلی مولار و عصاره پوسته بادام زمینی سنتز نانوذرات روی پنبه اصلاح شده انجام شد. تکمیل انجام شده به نحو موثری باعث بهبود خاصیت ضدباکتری و ضداکسیدشدن پارچه پنبه‌ای شد [۱۱۱]. در مطالعه مشابه اخیر محققان از عصاره پوست قرمز بادام زمینی برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه ویسکوز استفاده کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که پوست قرمز بادام زمینی حاوی ۱۴ ماده فنلی و ۷ فلاوونوئید می‌باشد. ویسکوز رنگرزی شده حاوی نانوذرات، رنگ زرد مایل به قهوه‌ای داشت، در حالیکه پارچه فاقد نانوذرات نقره رنگ هلویی تیره داشت که این تفاوت به دلیل خاصیت رنگی ذاتی نانوذرات نقره بوده که در ترکیب با ماده رنگزای پوست قرمز بادام زمینی رنگ متفاوت ایجاد می‌کند. پارچه‌های حاوی نانوذرات نقره فعالیت ضدباکتری و محافظ در برابر پرتو فرابنفش بسیار بهتری را نسبت به پارچه‌های رنگرزی شده فاقد نانوذرات نشان دادند.

[1] Punicalin
[2] Ellagic acid
[3] Shahid-ul-Islam



شکل ۹: سازوکار سنتز سبز نانوذرات نقره با ترکیب پونیکالین موجود در عصاره پوست انار [۱۰۸].

Figure 9: Proposed mechanism of the green synthesis of AgNPs with punicalin compound present in pomegranate peel extract [108].

همچنین فعالیت ضداکسیدشدن پارچه حاوی نانوذرات نقره نسبت به پارچه صرفاً رنگرزی شده و فاقد نانوذرات کمتر بود که دلیل آن به کاهش تعداد گروه‌های هیدروکسیل پلی فنلی به دلیل مصرف برخی از آن‌ها در فرآیند سنتز نانوذرات (اکسایش و تبدیل گروه‌های هیدروکسیل و گروه‌های کتونی) نسبت داده شد [۱۱۲].

در تاج میوه آناناس قندهای مختلف گلوکز، ساکاروز و فروکتوز وجود دارد که از ظرفیت آن برای سنتز نانوذرات نقره به همراه پلیمر زیستی کیتوسان بر روی پارچه کتان استفاده شده است. نانوذرات نقره به شکل کروی، در محدود اندازه ۶۰-۱۰ نانومتر به صورت یکنواخت بر روی پارچه کتان سنتز شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که ترکیب عصاره تاج آناناس و کیتوسان علاوه بر احیا و پایدارسازی، باعث ایجاد شید رنگی، بهبود قابل توجه فعالیت ضداکسیدشدن و ضدباکتری پارچه کتان می‌گردد [۱۱۳].

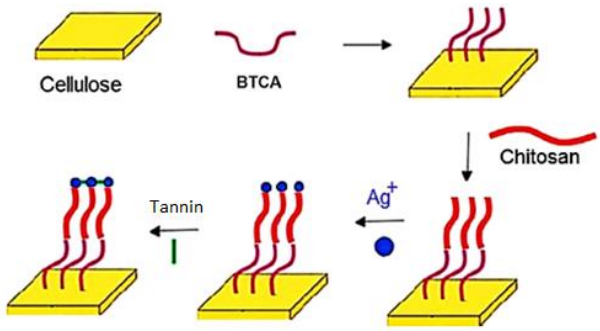
الیاف ابریشم آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به پشم در برابر باکتری‌ها و نور خورشید دارد. محققان در پژوهش اخیر از ضایعات ساقه چای برای سنتز نانوذرات نقره روی ابریشم جهت بهبود ویژگی‌های آن استفاده کردند. نانوذرات نقره در شرایط pH=۹، ۲ گرم بر لیتر عصاره ساقه چای، ۱ میلی مولار نیترات نقره در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد روی ابریشم سنتز شدند که در این شرایط اندازه آن‌ها زیر ۲۰ نانومتر بود. تغییر شرایط سنتز نشان داد که در pH=۳، دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴۰ دقیقه، نانوذرات بیشتری سنتز می‌شوند که در این شرایط فعالیت ضدباکتری و خواص محافظ در برابر پرتو فرابنفش بیشتر و بهتر بهبود پیدا می‌یابند. تکمیل انجام شده بسیار پایدار بود و پس از ۲۰ بار شستشوی مکرر فعالیت ضدباکتری در حدود ۹۲ درصد بود [۱۱۴].

پوست دانه تمرهندی (Tamarindus Indica L) دارای تانن و ترکیبات پلی فنلی متعدد می‌باشد که محققان از آن برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه‌های کتان اصلاح شده با کیتوسان استفاده کردند. ابتدا پارچه کتان با کیتوسان به همراه اسید بوتان تترا کربوکسیلیک[1] (اتصال‌دهنده) و سدیم هیپوفسفیت[2] (کاتالیزور) اصلاح شد تا بازده جذب یون‌های نقره و نانوذرات بهبود یابد. سپس نانوذرات با عصاره پوست دانه تمر هندی بر روی کتان اصلاح شده سنتز شد ذرات نقره با اندازه ۵۰-۲۰ نانومتر به طور یکنواخت بر روی الیاف کتان پوشش داده شد (شکل ۱۰). نتایج نشان داد که پارچه اصلاح شده خواص تکمیلی چندکاره نظیر ضدچروک، ضدباکتری (۱۰۰ درصد)، محافظ در برابر پرتو فرا بنفش (UPF>۵۰)، ضداکسیدشدن (۹۷ درصد) و ضد آتش (LOI[3] ۲۳) دارد [۱۱۵].

در مطالعه اخیر برای اولین بار از عصاره پوست درخت Sequoiadendron giganteum برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه مخلوط الیاف پنبه و کنف استفاده شد. نتایج SEM/EDX نشان داد که نانوذرات نقره به شکل کروی و به صورت همگن بر روی پارچه پنبه-کنف قرار گرفته‌اند. پارچه رنگرزی و تکمیل شده رنگ درخشانی داشت و نانوذرات نقره باعث افزایش عمق رنگی، مقاومت کششی و ثبات رنگی پارچه‌ها شد. محققان نتیجه گرفتند که با انجام تحقیقات بیشتر می‌توان از پوست درخت مذکور به عنوان ماده رنگزای جدید در صنعت نساجی استفاده کرد [۱۱۶].

از ضایعات مغز چوب[4] درختان مختلف نیز برای سنتز نانوذرات استفاده شده است.

[1] Butanetetracarboxylic acid
[2] Sodium hypophosphite
[3] Limited Oxygen Index
[4] Heartwood



شکل ۱۰: سازوکار سنتز در محل نانوذرات نقره روی پارچه کتان اصلاح شده با کیتوسان و با استفاده از عصاره پوسته دانه تمبر هندی [۱۱۵].

Figure 10: Mechanism of in situ synthesis on chitosan treated linen fabric Silver using Tamarindus Indica L. seed coat extract [115]

برای مثال محققان از ضایعات صندل قرمز[1] برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه پنبه استفاده کردند و پارچه پنبه با خواص رنگی، ضدباکتری و پایداری حرارتی بهبود یافته تولید کردند [۱۱۷].

همچنین در پژوهش دیگر ضایعات مغز چوب درخت سرخدار[2] برای سنتز نانو ذرات نقره روی پارچه کتان استفاده شد. نتایج نشان داد که مقادیر مختلف پیش‌ساز فلزی نیترات نقره تاثیر قابل‌توجهی در اندازه نانوذرات نقره و رنگ ایجاد شده (از زرد روشن تا زرد مایل به قهوه‌ای و همچنین قهوه‌ای تیره) به دلیل پدیده تشدید پلاسمون سطحی دارد. به علاوه، با افزایش مقدار نیترات نقره، قدرت رنگی و ثبات شستشویی سایشی نمونه‌ها افزایش یافته، در حالیکه ثبات سایشی نمونه‌ها کاهش می‌یابد [۱۱۸].

خاکستر حاصل از سوزاندن برگ و ساقه گیاه آشنان[3] در ایران به نام کلیاب شناخته می‌شود. کلیاب حاوی کربنات سدیم و پتاسیم می‌باشد که می‌تواند یون‌های نقره را احیا کند. محققان از خاکستر این گیاه برای سنتز در محل نانوذرات نقره استفاده کردند و ذرات با اشکال کروی و میانگین اندازه ۱۶ نانومتر بر روی پارچه پنبه‌ای سنتز کردند. نانوذرات نقره باعث تغییر رنگ و بهبود نسبی استحکام کششی و همچنین افزایش قابل توجه فعالیت ضدباکتری پارچه پنبه شد [۱۱۹]. در پژوهش مشابه دیگر با استفاده از گیاه مذکور، نانوذرات نقره و روی به صورت در محل روی الیاف پلی استر [۱۲۰] و پنبه [۱۲۱] سنتز شد. نتایج آزمایش ضد باکتری نشان داد که فعالیت ضدباکتری پارچه‌های پلی استر تیمار شده با نانوذرات روی، نقره و مخلوط نقره و روی در برابر باکتری‌های S.aureus به ترتیب ۷۱،۹۴ و ۹۹ درصد و در برابر باکتری‌های E. coli به ترتیب ۶۳، ۹۱ و ۹۳ درصد می‌باشد. همچنین پارچه‌های پلی استر عمل شده با نانوذرات نقره نرمی و انعطاف‌پذیری و استحکام بیشتری نسبت به نمونه‌های خام داشتند. عمل‌آوری پارچه‌های پنبه‌ای با نانوذرات نقره و روی ستاره‌ای شکل با اندازه متوسط ۱۳ نانومتر باعث افزایش خاصیت رطوبت‌پذیری، خودتمیزشوندگی، درجه سفیدی، استحکام کششی و همچنین بهبود قابل‌توجه فعالیت ضدباکتری می‌گردد.

۲-۳-۱-۶- بخش‌های مختلف گیاهان

در این بخش به مرور سایر مقالات منتشر شده با بخش‌های مختلف گیاهان و ترکیب آنها برای سنتز نانوذرات نقره روی منسوجات پرداخته می‌شود. جزئیات مربوط به این مقالات در جدول ۶ ارائه شده است.

شبیر[4] و همکارانش از سه گیاه A. tinctoria (ریشه گیاه)، D. regia (گل‌های گیاه) و T. chebula (میوه گیاه) برای سنتز نانوذرات نقره روی پارچه پشمی استفاده کردند. مواد طبیعی موثر در این گیاهان کوئرستین[5]، اسید گالیک[6]، اسید الاجیک[7] و آلکانین[8] بود که نقش مهم و موثری در بازده سنتز و شکل نانوذرات نقره داشتند. نتایج FTIR/XRD/EDX/SEM نشان داد که نانوذرات سنتز شده با عصاره A. tinctoria و T. chebula به شکل کروی و D. regia به شکل بیضی بوده و به ترتیب اندازه‌های ۳۰-۱۵ و ۵-۳ و ۲۵-۱۰ نانومتر دارند. پارچه‌های پشمی تکمیل شده با عصاره و نانوذرات نقره قدرت محافظت در برابر پرتو فرابنفش زیادی دارند. همچنین نتایج نشان داد که خواص ضداکسیدشدن پارچه‌های پشمی در محدوده خوب تا عالی قرار دارد که بسیار به قدرت عوامل احیا و پایدارکننده نانوذرات بستگی دارد [۱۲۲].

در مطالعه دیگر محققان از بخش‌های مختلف گیاهان شامل برگ چای سبز، هسته آووکادو، پوست انار، ساقه زیرزمینی Japanese knotweed، گل Goldenrod و میوه Staghorn sumac استفاده کردند و نانوذرات کروی شکل با بازده و اندازه‌های گوناگون روی الیاف پنبه سنتز کردند. نتایج نشان داد که نوع و قدرت مواد احیاکننده موجود در عصاره گیاهان مذکور نقش مهمی در اندازه نانوذرات نقره دارد. بیشترین مقدار نانوذرات سنتز شده مربوط به ریشه گیاه Japanese knotweed و کمترین مقدار مربوط به برگ‌های چای سبز و گل‌های Goldenrod گزارش شد. تمامی پارچه‌های تکمیل شده خواص ضدباکتری زیاد و محافظ در برابر پرتو فرابنفش خوبی داشتند. همچنین وجود نانوذرات نقره باعث کاهش نفوذپذیری هوا و هدایت حرارتی پارچه پنبه شد، اما در خواص کششی و ازدیاد طول پارچه تاثیر چندانی نداشت [۶۱].

[1] Pterocarpus santalinus
[2] Taxus baccata
[3] Seidlitzia rosmarinus
[4] Shabbir
[5] Quercetin
[6] Galic acid
[7] Ellagic acid
[8] Alkannin

جدول ۶: مشخصات و ویژگی‌های نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از بخش‌های مختلف گیاهان.
Table 6: Specifications and characteristics of silver nanoparticles synthesized using different parts of the plants.

Plant	Used part	Reducing/capping agents	Synthesis method	Morphology	Size (nm)	substrate	Application	Ref.
T. chebula, A. tinctoria, D. regia	Fruit Root Flower	Ellagic acid, chebulic acid , Alkannin, shikonin Quercetin, Galic acid	In-situ	Spherical for T. chebula, A. tinctoria, And oval for D. regia	15-30 3-5 10-25	Wool	Colorant, UV protective, Antioxidant	[122]
Camellia sinensis, Persea americana Punica granatum, Fallopia japonica, Rhus typhina Solidago canadensis	Leave(Camellia sinensis) Seed(Persea americana) Peel(Punica granatum) Fallopia japonica(rhizome) Rhus typhina(fruit) Solidago Canadensis(flower)	Flavonoids ,Phenolic compounds	In-situ	Spherical	84-103 89-102 124-154 109-176 112-218 90-113	Cotton	Antibacterial, UV protective	[61]
Scutellaria barbata		Diterpenoids, Flavonoids, Triterpenoids, Lignans, Phenyl propanoids	Ex-situ	Spherical	30-40	Cotton	Wound healing, Antimicrobial	[123]
Neem and Salep-tuber	Kernel,Branch	Nimbin, Nimbinin, Nimbidin, Flavanones, galactomannan	Ex-situ	Star	___	Cotton	Antibacterial	[124]

Scutellaria barbata یک گیاه چند ساله در طب سنتی چین می‌باشد که برای جلوگیری از التهاب پوستی، عفونت و مسمومیت تجویز میشده است. اخیراً محققان به کمک عصاره بخش‌های مختلف این گیاه نانوذرات نقره کروی شکل با اندازه ۴۰-۳۰ نانومتر را بر روی پنبه سنتز کرده اند. نتایج مطالعات نشان داد که پارچه پنبه‌ای رنگرزی و پوشش داده شده با نانوذرات نقره، عفونت‌های پوستی ناشی از میکروب‌ها را کاهش داده و در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بسیار مقاوم می‌باشد. همچنین نانوذرات نقره سنتز شده توسط گیاه Scutellaria barbata غیرسمی بوده و می‌توان از آن‌ها در پوشش‌های التیام زخم استفاده نمود [۱۲۳].

در پژوهش دیگر از مغز دانه گیاه Neem و غده ریشه گیاه ثعلب (Salep) برای سنتز نانوذرات نقره روی پنبه استفاده شد. نتایج SEM نشان‌دهنده نانوذرات نقره به شکل ستاره با لبه‌های تیز بود. پارچه پنبه تکمیل‌شده با نانوذرات مذکور فعالیت ضدباکتری قابل‌توجهی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی داشت [۱۲۴].

۳-نتیجه‌گیری

سنتز نانوذرات با استفاده از بخش‌های مختلف گیاهان به دلیل فرآیند ساده، مقرون به صرفه، سازگاری با محیط‌زیست، فراوانی و عدم وجود خطرهای زیست‌محیطی باعث شده که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گیرد. در این پژوهش آخرین و به روزترین مقالات مربوط به سنتز و کاربرد نانوذرات نقره روی منسوجات مختلف گردآوری، جمع‌بندی و مقایسه شدند و نقش موثر قسمت‌های مختلف گیاهان نظیر برگ، ریشه، غده ریشه، گل، میوه، پوست میوه، دانه، پوست دانه، پوست درختان و مغز چوب درختان و غیره به دلیل داشتن ترکیبات طبیعی متنوع (نظیر تانن‌ها، پلی فنل‌ها، فلاوونوئیدها، کاتچین‌ها و غیره) در سنتز سبز نانوذرات نقره بررسی شد. خواص فیزیکی-شیمیایی نانوذرات اعم از اندازه، شکل، گستره و پایداری آن‌ها به عوامل مختلف در فرآیند سنتز نظیر pH، غلظت عصاره گیاهی، غلظت پیش‌سازی فلزی (نیترات نقره) و دمای محلول بستگی دارد که با کنترل و بهینه‌سازی هر یک از عوامل مذکور می‌توان شکل، اندازه و بازده تشکیل نانوذرات را کنترل نمود. در واقع ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره گیاهان مانند فلاونوئیدها، پلی فنل‌ها، تانن‌ها، پلی ساکاریدها و اسیدهای آمینه و غیره مسئول احیا و پایدارسازی نانوذرات هستند که مقدار و نوع ترکیبات موجود در عصاره گیاهان و شرایط واکنش بر ریخت نانوذرات سنتز شده تاثیر به سزایی دارند. گروه‌های عاملی فعال در ترکیبات زیستی موجود در عصاره گیاهان اکسید شده و باعث احیا و تبدیل یون نقره به فلز نقره صفر ظرفیتی (M0) می‌شوند. در ادامه ترکیبات زیستی با ایجاد یک لایه محافظ بر روی نانوذرات سنتز شده

باعث جلوگیری از تجمع نانوذرات و پایداری آن‌های می‌شوند. به طور کلی سازوکار سنتز نانوذرات فلزی در گیاهان و عصاره‌های گیاهی شامل سه فاز اصلی است: ۱) فاز فعال‌سازی که طی آن احیا یون‌های فلزی به کمک عوامل احیاکننده در عصاره‌های گیاهی مانند فلاونوئیدها و پلی فنل‌ها و غیره صورت می‌گیرد و پس از آن هسته‌زایی اتم‌های فلز احیا شده رخ می‌دهد؛ ۲) مرحله رشد که طی آن نانوذرات کوچک مجاور به طور خود به خود با ذرات با اندازه بزرگ‌تر ادغام می‌شوند که با افزایش پایداری ترمودینامیکی نانوذرات همراه است و ۳) مرحله پایان فرآیند که ریخت نهایی نانوذرات ایجاد می‌شود. مقدار اسیدی‌بودن (pH) محلول بر روی بازده سنتز نانوذرات بسیار موثر بوده، به طوری که در محیط قلیایی (pH =۱۰) بیشترین بازده حاصل شده و نانوذرات با اندازه‌های کوچک‌تر، یکنواخت‌تر و بدون تجمع سنتز می‌شوند. همچنین برای سنتز ذرات در اندازه‌های مطلوب و همگن و جلوگیری از تجمع نانوذرات باید غلظت مناسبی از نیترات نقره (۲-۰/۵ میلی‌مولار) استفاده شود. به طور کلی با افزایش غلظت نیترات نقره مقدار نانوذرات نقره تولید شده افزایش می‌یابد که باعث گستردگی توزیع اندازه نانوذرات و تجمع آن‌ها می‌شود. عامل دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد، غلظت عصاره گیاهی می‌باشد که بسته به میزان و قدرت فعالیت ترکیبات زیستی موجود در احیا و پایدارسازی نانوذرات نقش مهمی دارد و با افزایش غلظت عصاره گیاهی، میزان هسته‌زایی نانوذارت بیشتر می‌شود که در نهایت منجر به تولید نانوذرات بیشتر در اندازه‌های کوچک‌تر می‌گردد. بیشتر نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره‌های گیاهان به شکل کروی می‌باشند و منسوجات رنگرزی و تکمیل شده با این ذرات علاوه بر ایجاد رنگ، خواص چندکاره نظیر ضدباکتری، ضداکسیدشدن، محافظ در برابر تابش پرتو فرابنفش دارند و باعث بهبود قدرت رنگی و ثبات‌های رنگی منسوجات می‌شوند. بیشترین تعداد مقالات در این زمینه مربوط به الیاف پنبه (پرکاربردترین لیف مصرفی در جهان) هستند که دلیل آن اهمیت و کاربرد گسترده این لیف در شکل‌های مختلف نظیر پوشاک و البسه‌های بهداشتی می‌باشد. پنبه به دلیل مستعد بودن برای رشد باکتری و میکروب‌ها و همچنین کاربرد در مصارف پزشکی به عنوان نوار زخم، نخ‌های جراحی، البسه بیمارستانی و پوشش‌های تخت، نیاز مبرم به تکمیل ضدباکتری دارد تا از انتقال و رشد باکتری‌ها جلوگیری کند. محققان با استفاده از سنتز سبز نانوذرات نقره به روش مذکور توانسته‌اند منسوجات پنبه‌ای با خاصیت ضدباکتری قوی که ماندگاری بالا در برابر شستشوهای مکرر دارد، تولید کرده و محدودیت‌های استفاده از آن‌ها را تا حدود زیادی برطرف نمایند. در نهایت انتظار می‌رود تحقیقات در این زمینه برای معرفی منابع جدید و همچنین بهینه‌سازی و ساده‌سازی فرآیندهای موجود و ابداع روش‌های جدید برای سنتز نانوذرات مختلف در صنعت نساجی به صورت روزافزون ادامه داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که در دانشکده فرش دانشگاه هنر اسلامی تبریز انجام شده است. نویسندگان از تمامی حمایت‌های مادی و معنوی انجام شده برای انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

۵ـ مراجع

1. A. Velidandi, S. Dahariya, N. Pabbathi, D. Kalivarathan, R. Baadhe, "A review on synthesis, applications, toxicity, risk assessment and limitations of plant extracts synthesized silver nanoparticles", NanoWorld J. 6, 35-60, 2020.
2. PF. de Oliveira, RM. Torresi, F. Emmerling, PH. Camargo, "Challenges and opportunities in the bottom-up mechanochemical synthesis of noble metal nanoparticles", J. Mater. Chem. A. 8, 16114-16141, 2020.
3. Y. Xia, Y. Xiong, B. Lim, SE. Skrabalak, "Shape-controlled synthesis of metal nanocrystals: simple chemistry meets complex physics?" Angew. Chem. Int. Ed. 48, 60-103, 2009.
4. CM. Crisan, T. Mocan, M. Manolea, LI. Lasca, F-A. Tăbăran, L. Mocan, "Review on silver nanoparticles as a novel class of antibacterial solutions", Appl. Sci. 11, 11-20, 2021.
5. AC. Paiva-Santos, AM. Herdade, C. Guerra, D. Peixoto, M. Pereira-Silva, M. Zeinali, F. Mascarenhas, M. António Paranhos, F. Veiga, "Plant-mediated green synthesis of metal-based nanoparticles for dermopharmaceutical and cosmetic applications", Int. J. Pharm. 597, 120311, 2021.
6. S. Rajeshkumar, L. Bharath, "Mechanism of plant-mediated synthesis of silver nanoparticles–a review on biomolecules involved, characterisation and antibacterial activity", Chem. Biol. Interact. 273, 219-227, 2017.
7. M. Rehan, A. Barhoum, G. Van Assche, A. Dufresne, L. Gätjen, R. Wilken, "Towards multifunctional cellulosic fabric: UV photo-reduction and in-situ synthesis of silver nanoparticles into cellulose fabrics", Int. J. Biol. Macromol. 98, 877-886, 2017.
8. M. Maghimaa, SA. Alharbi, "Green synthesis of silver nanoparticles from Curcuma longa L. and coating on the cotton fabrics for antimicrobial applications and wound healing activity", J. Photochem. Photobiol. 204, 111806, 2020.
9. S. Kumari, M. Tyagi, S. Jagadevan, :Mechanistic removal of

environmental contaminants using biogenic nanomaterials", Int. J. Environ. Sci. Technol. 16, 7591-606, 2019.
10. Y. Zhou, R-C. Tang, "Facile and eco-friendly fabrication of AgNPs coated silk for antibacterial and antioxidant textiles using honeysuckle extract", J. Photochem. Photobiol. B. 178, 463-471, 2018.
11. B. Butola, F. Mohammad, "Silver nanomaterials as future colorants and potential antimicrobial agents for natural and synthetic textile materials", RSC Adv. 6(50), 44232-47, 2016.
12. A. Majeed, W. Ullah, AW. Anwar, A. Shuaib, U. Ilyas, P. Khalid, G. Mustafa, M. Junaid, B. Faheem, S. Ali, "Cost-effective biosynthesis of silver nanoparticles using different organs of plants and their antimicrobial applications: A review", Mater. Technol. 33, 313-20, 2018.
13. Z. Issaabadi, M. Nasrollahzadeh, SM. Sajadi, "Green synthesis of the copper nanoparticles supported on bentonite and investigation of its catalytic activity", J. Cleaner Prod. 142, 3584-91, 2017.
14. EE. Tanner, K. Tschulik, R. Tahany, K. Jurkschat, C. Batchelor-McAuley, RG. Compton, "Nanoparticle capping agent dynamics and electron transfer: polymer-gated oxidation of silver nanoparticles", J. Phys. Chem. C. 119, 18808-815, 2015.
15. A. Hebeish, TI. Shaheen, ME. El-Naggar, "Solid state synthesis of starch-capped silver nanoparticles". Int. J. Biol. Macromol. 87, 70-76, 2016.
16. CV. Restrepo, CC. Villa, "Synthesis of silver nanoparticles, influence of capping agents, and dependence on size and shape: A review", Environ. Nanotechnol. Monitor Manage. 15, 100428, 2021.
17. F. Behzad, SM. Naghib, SN. Tabatabaei, Y. Zare, KY. Rhee, "An overview of the plant-mediated green synthesis of noble metal nanoparticles for antibacterial applications", J. Ind. Eng. Chem. 94, 92-104, 2020.
18. M. Krifa, C. Prichard, "Nanotechnology in textile and apparel research–an overview of technologies and processes", J. Text. Inst. 111, 1778-1793, 2020.
19. JK. PATRA, S. Gouda, "Application of nanotechnology in textile engineering: An overview", J. Eng. Technol. Res. 5, 104-111, 2013.
20. A. Biswas, IS. Bayer, AS. Biris, T. Wang, E. Dervishi, F. Faupel, "Advances in top–down and bottom–up surface nanofabrication: Techniques, applications & future prospects", Adv. Colloid Interface Sci. 170, 2-27, 2012.
21. VC. Karade, RB. Patil, SB. Parit, JH. Kim, AD. Chougale, VV. Dawkar, "Insights into shape-based silver nanoparticles: a weapon to cope with pathogenic attacks", ACS Sustainable Chem. Eng. 9, 12476-12507, 2021.
22. PG. Jamkhande, NW. Ghule, AH. Bamer, MG. Kalaskar, "Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications", J. Drug Delivery Sci. Technol. 53, 101174, 2019.
23. A. Zhang, G. Zheng, CM. Lieber, "General synthetic methods", Nanowires: Springer. 15-37, 2016.
24. KN. Thakkar, SS. Mhatre, RY. Parikh, "Biological synthesis of metallic nanoparticles", Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med. 6, 257-262, 2010.
25. HK. Chan, PC. Kwok, "Production methods for nanodrug particles using the bottom-up approach", Adv. Drug Delivery Rev. 63, 406-16, 2011.
26. Y. Wang, Y. Xia, "Bottom-up and top-down approaches to the synthesis of monodispersed spherical colloids of low melting-point metals", Nano Lett. 4, 2047-50, 2004.
27. X-F. Zhang, Z-G. Liu, W. Shen, S. Gurunathan, "Silver nanoparticles: synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches", Int. J. Mol. Sci. 17, 1534, 2016.
28. C. Dhand, N. Dwivedi, XJ. Loh, ANJ. Ying, NK. Verma, RW. Beuerman, R. Lakshminarayanan, S. Ramakrishna, "Methods and strategies for the synthesis of diverse nanoparticles and their applications: a comprehensive overview", Rsc Adv. 5, 105003-37, 2015.
29. MA. Raza, Z. Kanwal, A. Rauf, AN. Sabri, S. Riaz, S. Naseem, "Size-and shape-dependent antibacterial studies of silver nanoparticles synthesized by wet chemical routes", Nanomater. 6, 74, 2016.
30 A. Gour, NK. Jain, "Advances in green synthesis of nanoparticles", Artif. Cells Nanomed. Biotechnol. 47, 844-851, 2019.
31. S. Iravani, H. Korbekandi, SV. Mirmohammadi, B. Zolfaghari, "Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods", Res. Pharm. Sci. 9(6), 385, 2014.
32. KM. Abou El-Nour, Aa. Eftaiha, A. Al-Warthan, RA. Ammar, "Synthesis and applications of silver nanoparticles", Arabian J. Chem. 3, 135-140, 2010.
33. L. Kibis, A. Stadnichenko, E. Pajetnov, S. Koscheev, V. Zaykovskii, A. Boronin, "The investigation of oxidized silver nanoparticles prepared by thermal evaporation and radio-frequency sputtering of metallic silver under oxygen", Appl. Surf. Sci. 257, 404-413, 2010.
34. M. Miranzadeh, M. Kassaee, "Solvent effects on arc discharge fabrication of durable silver nanopowder and its application as a recyclable catalyst for elimination of toxic p-nitrophenol", Chem. Eng. J. 257, 105-111, 2014.
35. O. Kylián, A. Kuzminova, R. Štefaníková, J. Hanuš, P. Solař, P. Kúš, M. Cieslar, A. Choukourov, H. Biederman, "Silver/plasma polymer strawberry-like nanoparticles produced by gas-phase synthesis", Mater. Lett. 253, 238-41, 2019.
36. AA. Yaqoob, K. Umar, MNM. Ibrahim, "Silver nanoparticles: various methods of synthesis, size affecting factors and their potential applications–a review", Appl. Nanosci. 10, 1369-78, 2020.
37. OV, Kharissova, HR. Dias, BI. Kharisov, BO. Pérez, VMJ. Pérez, "The greener synthesis of nanoparticles", Trends Biotechnol. 31(4), 240-8, 2013.
38, I. Hussain, N. Singh, A. Singh, H. Singh, S. Singh," Green synthesis of nanoparticles and its potential application", Biotechnol. Lett. 38, 545-60, 2016.
39. Q. Sun, X. Cai, J. Li, M. Zheng, Z. Chen, C-P. Yu, "Green synthesis of silver nanoparticles using tea leaf extract and evaluation of their stability and antibacterial activity", Colloids Surf. A. 444, 226-231, 2014.
40. T. Anju, S. Parvathy, MV. Veettil, J. Rosemary, T. Ansalna, M. Shahzabanu, S. Devika, "Green synthesis of silver nanoparticles from Aloe vera leaf extract and its antimicrobial activity,. Mater. Today: Proc. 43, 3956-60, 2021.
41. R. Krishnasamy Sekar, A. Sridhar, B. Perumalsamy, DB. Manikandan, T. Ramasamy, "In vitro antioxidant, antipathogenicity and cytotoxicity effect of silver nanoparticles fabricated by onion (Allium cepa L.) peel extract", BioNanoSci. 10(1), 235-248, 2020.
42. B. Khodadadi, M. Bordbar, M. Nasrollahzadeh, "Achillea millefolium L. extract mediated green synthesis of waste

peach kernel shell supported silver nanoparticles: application of the nanoparticles for catalytic reduction of a variety of dyes in water", J. Colloid Interface Sci. 493, 85-93, 2017.
43. H. Veisi, S. Hemmati, H. Shirvani, H. Veisi, "Green synthesis and characterization of monodispersed silver nanoparticles obtained using oak fruit bark extract and their antibacterial activity", Appl. Organomet. Chem. 30(6), 387-391, 2016.
44. MA. Chowdhury, N. Hossain, M. Kchaou, R. Nandee, MBA. Shuvho, S. Sultana, "Scope of eco-friendly nanoparticles for anti-microbial activity", Curr. Res. Green and Sustainable Chem. 4, 100198, 2021.
45. V. Soni, P. Raizada, P. Singh, HN. Cuong, S. Rangabhashiyam, A. Saini, Saini RV, Q. Van Le, AK. Nadda, TT. Le, VH. Nguyen, "Sustainable and green trends in using plant extracts for the synthesis of biogenic metal nanoparticles toward environmental and pharmaceutical advances: A review", Environ. Res. 202, 111622, 2021.
46. M. Nasrollahzadeh, M. Sajjadi, J. Dadashi, H. Ghafuri, "Pd-based nanoparticles: Plant-assisted biosynthesis, characterization, mechanism, stability, catalytic and antimicrobial activities", Adv. Colloid Interface Sci. 276, 102103, 2020.
47. S. Medici, M. Peana, VM. Nurchi, MA. Zoroddu, "Medical uses of silver: history, myths, and scientific evidence", J. Med. Chem. 62, 5923-43, 2019.
48. MB. Kasiri, S. Safapour, "Exploring and exploiting plants extracts as the natural dyes/antimicrobials in textiles processing", Prog. Color Colorants Coat. 8, 87-144, 2015.
49. M. Hosseinnezhad, K. Gharanjig, R. Jafari, H. Imani, "Green dyeing of woolen yarns with weld and madder natural dyes in the presences of biomordant", Prog. Color Colorants Coat. 14, 35-45, 2021.
50. M. Sadeghi-Kiakhani, S. Safapour, Y. Golpazir, "Impact of chitosan-poly (amidoamine) dendreimer hybrid treatment on dyeing and color fastness properties of wool yarn with madder natural dye", Prog. Color Colorants Coat. 12, 241-50, 2019.
51. M. Shahparvari, S. Safapour, K. Gharanjig, "Investigation of compatibility of natural dyes prangos ferulacea, madder and punica grantum shell in dyeing of woolen yarn", J. Color Sci. Technol. 13, 25-37, 2019.
52. A. Haji, "Methods of improvement of dyeability of wool with natural dyes", J. Stud. Color World. 11, 1-16, 2021.
53. H. Bahman, K. Gharanjig, S. Rouhani, A. Tahvili, M. Hosseinnezhad, H. Imani, A. Mahmoudi Nahavandi, "Optimization of dye extraction from madder by response surface methodology and study of dyeing properties", J. Color Sci. Technol. 14, 83-96, 2020.
54. A. Shamsnateri, M. Veysian, "Past, present, and future of application of natural Dyes in hand-woven carpets", J. Stud. Color World. 11, 33-42, 2021.
55. A. Haji, "Review on methods and technologies for improvement of adsorption and fastness properties of natural dyes on cotton fibers", J. Stud. Color World. 7, 33-44, 2017.
56. M. Ghaffarzadeh, M. Edrisi, "A Review on natural pigments and the extraction methods", J. Stud. Color World. 6, 63-82, 2016.
57. S. Mirnezhad, S. Safapour, M. Sadeghi-Kiakhani, "Review on the properties and application of cochineal natural colorant in different industries", J. Studies Color World. 5, 33-46, 2016.
58. S. Rouhani, N. Alizadeh, S. Salimi, T. Haji-Ghasemi, "Ultrasonic assisted extraction of natural pigments from rhizomes of curcuma longa L", Prog. Color Colorants Coat. 2, 103-113, 2009.
59. F. Malekan, M. Khajeh Mehrizi M, S. Veysian, "The Effect of nanomaterials on dyed handmade carpet with weld natural dye", J. Color Sci. Technol. 14, 203-214, 2020.
60. NM. Alabdallah, MM. Hasan, "Plant-based green synthesis of silver nanoparticles and its effective role in abiotic stress tolerance in crop plants", Saudi J. Biol. Sci. 28, 5631-39, 2021.
61. N. Čuk, M. Šala, M. Gorjanc, "Development of antibacterial and UV protective cotton fabrics using plant food waste and alien invasive plant extracts as reducing agents for the in-situ synthesis of silver nanoparticles, Cellul. 28, 3215-33, 2021.
62. M. Mahiuddin, P. Saha, B. Ochiai, "Green synthesis and catalytic activity of silver nanoparticles based on Piper chaba stem extracts", Nanomater. 10, 1777, 2020.
63. M. Behravan, AH. Panahi, A. Naghizadeh, M. Ziaee, R. Mahdavi, A. Mirzapour, "Facile green synthesis of silver nanoparticles using Berberis vulgaris leaf and root aqueous extract and its antibacterial activity", Int. J. Biol Macromol. 124, 148-154, 2019.
64. B. Venkatadri, E. Shanparvish, M. Rameshkumar, MV. Arasu, NA. Al-Dhabi, VK. Ponnusamy, P. Agastian, "Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous rhizome extract of Zingiber officinale and Curcuma longa: In-vitro anti-cancer potential on human colon carcinoma HT-29 cells", Saudi J. Biol. Sci. 27, 2980-6, 2020.
65. M. Bindhu, M. Umadevi, GA. Esmail, NA. Al-Dhabi, MV. Arasu, "Green synthesis and characterization of silver nanoparticles from Moringa oleifera flower and assessment of antimicrobial and sensing properties", J. Photochem. Photobiol., B. 205, 111836, 2020.
66. B. Kumar, K. Smita, L. Cumbal, A. Debut, :Green synthesis of silver nanoparticles using Andean blackberry fruit extract", Saudi J. Biol Sci. 24, 45-50, 2017.
67. HM. Ibrahim, "Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms", J. Radiat. Res. Appl. Sci. 8(3), 265-75, 2015.
68. V. Dhand, L. Soumya, S. Bharadwaj, S. Chakra, D. Bhatt, .Sreedhar, "Green synthesis of silver nanoparticles using Coffea arabica seed extract and its antibacterial activity", Mater. Sci. Eng., C 58, 36-43, 2016.
69. S. Donga, S. Chanda, "Facile green synthesis of silver nanoparticles using Mangifera indica seed aqueous extract and its antimicrobial, antioxidant and cytotoxic potential (3-in-1 system)", Artif. Cells Nanomed. Biotechnol. 49(1), 292-302, 2021.
70. MM. Khalil, EH. Ismail, KZ. El-Baghdady, D. Mohamed, "Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity", Arabian J. Chem. 7, 1131-9, 2014.
71. V. Kumar, S. Singh, B. Srivastava, R. Bhadouria, R. Singh, "Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of Holoptelea integrifolia and preliminary investigation of its antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic and antibacterial activities", J. Environ. Chem. Eng. 7, 103094, 2019.
72. Y. Rout, S. Behera, AK. Ojha, P. Nayak, "Green synthesis of silver nanoparticles using Ocimum sanctum (Tulashi) and study of their antibacterial and antifungal activities", J. Microbiol. Antimicrob. 4, 103-9, 2012.

73. OA. L dos Santos, I. de Araujo, FD. da Silva, MN. Sales, MA. Christoffolete, BP. Backx, "Surface modification of textiles by green nanotechnology against pathogenic microorganisms", Curr. Res. Green Sustainable Chem. 4, 100206, 2021.
74. AA. El-Sayed, A. Amr, OM. Kamel, MM. El-Saidi, AE. Abdelhamid, "Eco-friendly fabric modification based on AgNPs@ Moringa for mosquito repellent applications", Cellul. 27, 8429-42, 2020.
75. J. Seetha, Um. Mallavarapu, P. Akepogu, A. Mesa, VR. Gollapudi, H. Natarajan, VR. Anumakonda, "Biosynthesis and study of bimetallic copper and silver nanoparticles on cellulose cotton fabrics using Moringa oliefiera leaf extraction as reductant", Inorg. Nano-Metal Chem. 50(9), 828-35, 2020.
76. P. Sivaranjana, E. Nagarajan, N. Rajini, M. Jawaid, AV. Rajulu, "Cellulose nanocomposite films with in situ generated silver nanoparticles using Cassia alata leaf extract as a reducing agent", Int. J. Biol. Macromol. 99, 223-32, 2017.
77. PS. Vankar, D. Shukla, "Biosynthesis of silver nanoparticles using lemon leaves extract and its application for antimicrobial finish on fabric", Appl. Nanosci. 2,163-168, 2012.
78. A. Syafiuddin, MA. Fulazzaky, S. Salmiati, M. Roestamy, M. Fulazzaky, K .Sumeru, Z. Yusop, "Sticky silver nanoparticles and surface coatings of different textile fabrics stabilised by Muntingia calabura leaf extract", SN Appl. Sci. 2(4), 1-10, 2020.
79. KJ. Rao, T. Korumilli, "Instant synthesis of silver particles on silk fibres: Characterization and antimicrobial study", Compos. Commun. 18, 32-6, 2020.
80. R. Pusphalatha, B. Ashok, N. Hariram, AV. Rajulu, "Nanocomposite polyester fabrics with in situ generated silver nanoparticles using tamarind leaf extract reducing agent", Int. J. Polym. Anal. Charact. 24, 524-32, 2019.
81. Q. Zhou, J. Lv, Y. Ren, J. Chen, .Gao, Z. Lu, C. Wang, "A green in situ synthesis of silver nanoparticles on cotton fabrics using Aloe vera leaf extraction for durable ultraviolet protection and antibacterial activity", Textile Research Journal. 87, 2407-19, 2017.
82. G. Mamatha, A. Varada Rajulu, K. Madhukar, "In situ generation of bimetallic nanoparticles in cotton fabric using aloe vera leaf extract, as a reducing agent", J. Nat. Fibers. 17, 1121-9, 2020.
83. M. Zou, M. Du, H. Zhu, C. Xu, N. Li, Y. Fu, "Synthesis of silver nanoparticles in electrospun polyacrylonitrile nanofibers using tea polyphenols as the reductant", Polym. Eng. Sci. 53, 1099-108, 2013.
84. S. Ravindra, YM. Mohan, NN. Reddy, KM. Raju, "Fabrication of antibacterial cotton fibres loaded with silver nanoparticles via "Green Approach"", Colloids Surf. A . 367(1-3), 31-40, 2010.
85. AK. Jha, K. Prasad, "Green synthesis and antimicrobial activity of silver nanoparticles onto cotton fabric: an amenable option for textile industries", Adv. Mater. Lett. 7, 42-6, 2016.
86. J. Filipic, D. Glazar, S. Jerebic, D. Kenda, A. Modic, B. Roskar, I. Vrhovski, D. Stular, B. Golja, S. Smolej, B. Tomsic, "Tailoring of antibacterial and UV-Protective cotton fabric by an in situ synthesis of silver particles in the presence of a sol-gel matrix and sumac leaf extract", Tekstilec. 63, 4-13, 2020.
87. D. Štular, E. Savio, B. Simončič, M. Šobak, I. Jerman, I. Poljanšek, A. Ferri, B .Tomšič, "Multifunctional antibacterial and ultraviolet protective cotton cellulose developed by in situ biosynthesis of silver nanoparticles into a polysiloxane matrix mediated by sumac leaf extract", Appl. Surf. Sci. 563, 150361, 2021.
88. S. Andra, J. Jeevanandam, M. Muthalagu, MK. Danquah, "Surface cationization of cellulose to enhance durable antibacterial finish in phytosynthesized silver nanoparticle treated cotton fabric", Cellul. 28, 5895-910, 2021.
89. Y. Zhou, Z-Y. Yang, R-C. Tang, "Green and facile fabrication of AgNPs@ silk for colorful and multifunctional textiles using baicalin as a natural reductant", J. Cleaner Prod. 170, 940-9, 2018.
90. S. Siengchin, P. Boonyasopon, V. Sadanand, AV. Rajulu, "Nanocomposite cellulose fabrics with in situ generated silver nanoparticles by bioreduction method", J. Ind. Text. 1528083720924731, 2020.
91. M. Sathishkumar, K. Sneha, Y-S. Yun, "Immobilization of silver nanoparticles synthesized using Curcuma longa tuber powder and extract on cotton cloth for bactericidal activity", Bioresour. Technol. 101, 7958-65, 2010.
92. H. Barani, MN. Boroumand, S. Rafiei, "Application of silver nanoparticles as an antibacterial mordant in wool natural dyeing: synthesis, antibacterial activity, and color characteristics", Fibers Polym. 18, 658-65, 2017.
93. S. Natarajan, D. Gupta, "Novel method for biosynthesis of silver nanoparticles using melanin and its application on wool to impart antimicrobial activity", Indian J. Fibre Text. Res. 45, 183-9, 2020.
94. SN. Aboutorabi, M. Nasiriboroumand, P. Mohammadi, H. Sheibani, H. Barani, "Biosynthesis of silver nanoparticles using safflower flower: structural characterization, and its antibacterial activity on applied wool fabric", J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. 28, 2525-32, 2018.
95. M. Balamurugan, S. Saravanan, T. Soga, "Coating of green-synthesized silver nanoparticles on cotton fabric", J. Coat. Technol. Res. 14, 735-45, 2017.
96. P. Velmurugan, M. Cho, S-M. Lee, J-H. Park, S. Bae, B-T. Oh, "Antimicrobial fabrication of cotton fabric and leather using green-synthesized nanosilver", Carbohydr. Polym. 106, 319-25, 2014.
97. KF. Hasan, PG. Horváth, A. Horváth, T. Alpár, "Coloration of woven glass fabric using biosynthesized silver nanoparticles from Fraxinus excelsior tree flower", Inorg. Chem. Commun. 126, 108477, 2021.
98. M. Sadeghi-Kiakhani, AR. Tehrani-Bagha, FS. Miri, E. Hashemi, M. Safi, "Eco-Friendly Procedure for Rendering the Antibacterial and Antioxidant of Cotton Fabrics via Phyto-Synthesized AgNPs With Malva sylvestris (MS) Natural Colorant", Front. Bioeng. Biotechnol. 9, 814374, 2021.
99. S. Mohammadalinejhad, H. Almasi, M. Esmaiili, "Simultaneous green synthesis and in-situ impregnation of silver nanoparticles into organic nanofibers by Lythrum salicaria extract: Morphological, thermal, antimicrobial and release properties", Mater. Sci. Eng., C. 105, 110-115, 2019.
100. MN. Boroumand, M. Montazer, H. Barani, "Biocompatible stabilize silver nanoparticles and their antimicrobial activity", Adv. Sci. Lett. 22, 616-21, 2016.
101. MN. Boroumand, M. Montazer, V. Dutschk, "Biosynthesis of silver nanoparticles using Reseda Luteola L. and their antimicrobial activity", DE REDACTIE. 64, 123, 2013.
102. Z. Yu, H. He, J. Liu, Y. Li, X. Lin, C. Zhang, M. Li, "Simultaneous dyeing and deposition of silver nanoparticles

on cotton fabric through in situ green synthesis with black rice extract", Cellul. 27, 1829-43, 2020.
103. H. Jiang, R. Guo, R. Mia, H. Zhang, S. Lü, F. Yang, S. Mahmud, H. Liu, "Eco-friendly dyeing and finishing of organic cotton fabric using natural dye (gardenia yellow) reduced-stabilized nanosilver: full factorial design", Cellul. 29, 2663-79, 2022.
104. AH. Patil, SA. Jadhav, KD. Gurav, SR. Waghmare, GD. Patil, VD. Jadhav, SH. Vhanbatte, PV. Kadole, KD. Sonawane, PS. Patil, "Single step green process for the preparation of antimicrobial nanotextiles by wet chemical and sonochemical methods", J. Text. Inst. 111, 1380-8, 2020.
105. P. Velmurugan, J. Shim, H. Kim, J-M. Lim, SA. Kim, Y-S. Seo, JW. Kim, K. Kim, BT. Oh, "Bio-functionalization of cotton, silk, and leather using different in-situ silver nanoparticle synthesis modules, and their antibacterial properties", Res. Chem. Intermed. 46, 999-1015, 2020.
106. P. Sharma, S. Pant, S. Rai, RB. Yadav, S. Sharma, V. Dave, "Green synthesis and characterization of silver nanoparticles by Allium cepa L. to produce silver nano-coated fabric and their antimicrobial evaluation", Appl. Organomet. Chem. 32, e4146, 2018.
107. N. Yang, W-H. Li, "Mango peel extract mediated novel route for synthesis of silver nanoparticles and antibacterial application of silver nanoparticles loaded onto non-woven fabrics", Ind. Crops Prod. 48, 81-8, 2013.
108. B. Butola, A. Gupta, A. Roy, "Multifunctional finishing of cellulosic fabric via facile, rapid in-situ green synthesis of AgNPs using pomegranate peel extract biomolecules", Sustainable Chem. Pharm. 12, 100135, 2019.
109. MN. Boroumand, M. Montazer, F. Simon, J. Liesiene, Z. Šaponjic, V .Dutschk, "Novel method for synthesis of silver nanoparticles and their application on wool", Appl. Surf. Sci. 346, 477-83, 2015.
110. M. Nasiriboroumand, M. Montazer, H. Barani, "Preparation and characterization of biocompatible silver nanoparticles using pomegranate peel extract", J. Photochem. Photobiol. B. 179, 98-104, 2018.
111. B. Butola, A. Kumar, "Green chemistry based in-situ synthesis of silver nanoparticles for multifunctional finishing of chitosan polysaccharide modified cellulosic textile substrate", Int. J. Biol. Macromol. 152, 1135-45, 2020.
112. M. Rehan, NS. Elshemy, K. Haggag, A. Montaser, GE. Ibrahim, "Phytochemicals and volatile compounds of peanut red skin extract: Simultaneous coloration and in situ synthesis of silver nanoparticles for multifunctional viscose fibers", Cellul. 27, 9893-912, 2020.
113. B. Butola, D. Verma, "Facile synthesis of chitosan-silver nanoparticles onto linen for antibacterial activity and free-radical scavenging textiles", Int. J. Biol. Macromol. 133, 1134-41, 2019.
114. T-H. Cheng, Z-Y. Yang, R-C. Tang, A-D. Zhai, "Functionalization of silk by silver nanoparticles synthesized using the aqueous extract from tea stem waste", J. Mater. Res. Technol. 9, 4538-4549, 2020.
115. J. Sheikh, I. Bramhecha, "Multi-functionalization of linen fabric using a combination of chitosan, silver nanoparticles and Tamarindus Indica L. seed coat extract", Cellul. 26, 8895-905, 2019.
116. KF. Hasan, X. Liu, Z. Kóczán, PG. Horváth, M. Bak, L. Bejó, A. Horváth, T. Alpár, "Nanosilver coating on hemp/cotton blended woven fabrics mediated from mammoth pine bark with improved coloration and mechanical properties", J. Text. Inst. 1-10, 2021.
117. AV. Rao, B. Ashok, M. Umamahesh, V. Chandrasekhar, GV. Subbareddy, AV. Rajulu, "Preparation and properties of silver nanocomposite fabrics with in situ-generated silver nano particles using red sanders powder extract as reducing agent", Int. J. Polym. Anal. Charact. 23, 493-501, 2018.
118. KF. Hasan, PG. Horváth, Z. Kóczán, M. Bak, A. Horváth, T. Alpár, "Coloration of flax woven fabrics using Taxus baccata heartwood-mediated nanosilver", Color. Technol. 138, 146-56, 2022.
119. R. Aladpoosh, M. Montazer, N. Samadi, "In situ green synthesis of silver nanoparticles on cotton fabric using Seidlitzia rosmarinus ashes", Cellul. 21, 3755-66, 2014.
120. M. Taheri, M. Montazer, AB. Rezaie, "A Cleaner affordable method for production of bactericidal textile substrates by in situ deposition of ZnO/Ag nanoparticles", Fibers Polym. 22, 2792-802, 2021.
121. R. Aladpoosh, M. Montazer, "Nano-photo active cellulosic fabric through in situ phytosynthesis of star-like Ag/ZnO nanocomposites: Investigation and optimization of attributes associated with photocatalytic activity", Carbohyd. Polym. 141, 116-25, 2016.
122. M. Shabbir, F. Mohammad, "Multifunctional AgNPs@ Wool: Colored, UV-protective and antioxidant functional textiles", Appl. Nanosci. 8, 545-55, 2018.
123. VP. Veeraraghavan, ND. Periadurai, T. Karunakaran, S. Hussain, KM. Surapaneni, X. Jiao, "Green synthesis of silver nanoparticles from aqueous extract of Scutellaria barbata and coating on the cotton fabric for antimicrobial applications and wound healing activity in fibroblast cells (L929)", Saudi J. Biol. Sci. 28, 3633-40, 2021.
124. A. Rohani Shirvan, S. Kordjazi, A. Bashari, "Environmentally friendly finishing of cotton fabric via star-like silver micro/nano particles synthesized with neem/salep", J. Nat. Fibers. 18, 1472-80, 2021.

How to cite this article:

S. Safapour*, F. Liaghat, A Review on Multifunctional Coating of Textiles via Silver Nanoparticles Synthesized with Plant Sources, *J. Stud. Color world,* 12, 2(2022), 117-131.

DOR: 20.1001.1.22517278.1401.12.2.3.0