



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی  
جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۵  
<http://ejang.gau.ac.ir>

## بررسی روش‌های تولید نانوذرات نقره و خاصیت ضد میکروبی آن در صنعت کاغذسازی

\* وحید وزیری<sup>۱</sup> و محمد هادی آریائی منفرد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبد کاووس،

<sup>۲</sup> استادیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** توسعه جهانی موجب توجه بیش‌تر مردم به بهداشت محیط زندگی و کار شده است. امروزه استفاده از ذرات نانو در پایانه تر کاغذسازی گسترش بسیاری یافته است. به‌علاوه، بهره‌گیری از این ذرات در پوشش‌دهی کاغذ و همچنین به‌منظور ایجاد سطوح کاغذی ضد میکروب در مقیاس آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفته است. از مهم‌ترین موارد کاربرد کاغذ می‌توان به کاغذهای بهداشتی اشاره نمود. در این مطالعه هدف شناسایی خاصیت ضد میکروبی نانوذرات نقره است.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش از نوع مروری بوده که به روش کتابخانه‌ای و با استفاده از مدارک و سوابق موجود، روش‌های تولید نانوذرات نقره و خاصیت ضد میکروبی و کاربرد آن در تولید کاغذهای ضدبakterی مورد بررسی قرار گرفته است.

**یافته‌ها:** در صنعت بسته‌بندی استفاده از کاغذ با خصوصیات ضدبakterی یک راهکار مهم و مؤثر در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها می‌باشد. مطالعات نشان داد که باکتری‌ها می‌توانند بر روی سطوح اجسام بی‌جان خشک مانند کاغذ به مدت چندین روز یا ماه زنده باقی بمانند. به همین

---

\* مسئول مکاتبه: [vahidvaziri@gmail.com](mailto:vahidvaziri@gmail.com)

دلیل استفاده از کاغذهای ضدباکتری در اداره، کلاس درس و مکان‌های دیگر یک روش اقتصادی و مؤثری است که باعث تمیزتر نگه داشتن سطوح کاغذ برای مصرف‌کننده، بیمار و دانش‌آموزان می‌شود.

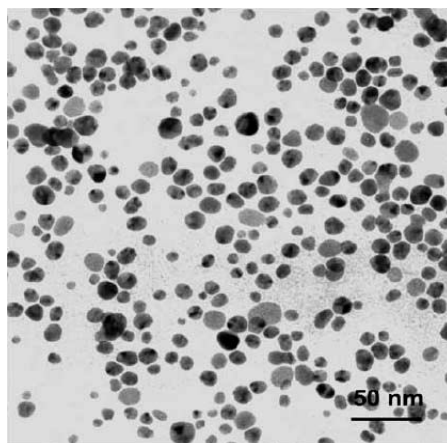
**نتیجه‌گیری:** کاغذ اسکناس و چاپ و تحریر از جمله عوامل مهم در انتقال میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا می‌باشند. با توجه به خواص نانوذرات نقره می‌توان در کاغذ خواص ضدباکتری ایجاد کرد در حالی‌که در سایر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذ تغییر قابل‌ملاحظه‌ای ایجاد نکند. زیرا نانوذرات سطح بسیار زیادی دارند و در مورد نقره به‌طور خاص، این افزایش سطح باعث خواهد شد که یک گرم از نانونقره برای ضدباکتری کردن یک صد مترمربع از سطح یک ماده کافی باشد.

**واژه‌های کلیدی:** نانوذرات نقره، خاصیت ضد میکروبی، کاغذ ضدباکتری، روش‌های تولید، کاغذهای بهداشتی

## مقدمه

نانوذرات و مواد نانوبلورین به‌عنوان عوامل ضد میکروبی و ضد قارچی تجاری شده‌اند. صنعت مراقبت‌های بهداشتی با توجه به رشد مقاومت باکتری‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها، به شدت به خاصیت ضد میکروبی نقره دست پیدا کرده است. در زمان یونان باستان داخل مواد آشامیدنی نقره اضافه می‌شد یا آب در ظرف نقره آشامیده می‌شد، زیرا یونانیان اعتقاد داشتند که نقره عمر آنان را افزایش خواهد داد. این همان خاصیت ضد میکروبی نقره است که علم امروز بشر آن را اثبات کرده است. نقره به دلیل خواص آنتی‌بیوتیک‌اش مدت‌های درازی شناخته شده بود، اما اخیراً به دلیل ساخته شدن به صورت نانوذرات که انحلال و در نتیجه قدرت آن را بیش‌تر می‌کند استفاده بیش‌تری یافته است (۱۰).

نانونقره یک دستاورد شگرف علمی از فناوری نانو است که در عرصه‌های مختلف پزشکی، صنایع مختلف مثل کشاورزی و دامپروری، بسته‌بندی، لوازم خانگی، آرایشی، بهداشتی و نظامی کاربرد دارد. در فناوری نانونقره، ذرات نقره به صورت کلوییدی در محلولی به حالت سوسپانسیون (مخلوط کلوییدی جامد در مایع) قرار دارند که خاصیت آنتی‌باکتریال (ضد باکتری)، ضد قارچ و آنتی‌ویروس دارند. محلول‌های نانونقره از ذرات نقره در اندازه‌های ۱۰-۱۰۰ نانومتر تشکیل شده‌اند و در مقایسه با محلول‌های دیگر پایداری بیش‌تری دارند. ذرات نقره به دلیل اندازه کمی که دارند، سطح تماس بیش‌تری با فضای بیرون دارند و تأثیر بیش‌تری بر محیط می‌گذارند (۲). نقره در ابعاد بزرگ‌تر، فلزی با خاصیت واکنش‌دهی کم می‌باشد، ولی زمانی که به ابعاد کوچک در حد نانومتر تبدیل می‌شود، خاصیت میکروبوکشی آن بیش از ۹۹ درصد افزایش می‌یابد، به حدی که می‌توان از آن جهت بهبود جراحات و عفونت‌ها استفاده کرد (۴). نقره در ابعاد نانو بر متابولیسم، تنفس و تولیدمثل میکروارگانیسم اثر می‌گذارد. نانونقره تاکنون بیش از ۶۵۰ نوع باکتری شناخته شده را از بین برده است. در مورد باکتری‌ها، احتمال می‌رود که یون‌های نقره باعث ایجاد آسیب‌هایی در غشای سلولی باکتری‌ها می‌گردند (۱۱). در واقع نقره با واکنش با گروه تیول پروتئین‌ها، آنزیم‌های باکتری را غیرفعال می‌کند (۹). هم‌چنین یون‌های نقره از تکثیر DNA جلوگیری کرده و روی ساختار و نفوذپذیری غشاء سلولی مؤثر است (۷).



شکل ۱- نانوذرات نقره (۱۹).

Figure 1. Silver Nanoparticles (19).

از آنجا که پوشش دادن وسایل مصرفی با نقره فلزی خالص برای ضدباکتری کردن آنها، دارای قیمت تمام شده زیادی است، بنابراین پژوهشگران دریافته‌اند که استفاده از مواد فلزی دیگر و ترکیب آنها با نقره، یک راه عملی برای استفاده از خاصیت میکروب‌کشی نقره است. به همین دلیل دانشمندان پژوهش‌های گسترده‌ای بر روی سنتز نانونقره انجام داده‌اند.

#### روش‌های سنتز نانوذرات نقره

سنتز توسط احیاءکننده‌های شیمیایی: رایج‌ترین روش برای سنتز نانوذرات نقره احیای شیمیایی محلول نمک‌های نقره توسط عوامل احیاءکننده مانند سدیم بوروهیدرید، سیترات و آسکوربات است (۱۸). استفاده از احیاءکننده‌های خیلی قوی مانند بوروهیدرید، باعث تولید ذرات بسیار ریزی از نقره می‌شود اما به همان اندازه کنترل رشد ذرات درشت را نیز مشکل خواهد کرد. استفاده از احیاءکننده‌های ضعیف‌تر مانند سیترات، با آن که سرعت احیاء را کم می‌کند، اما کنترل بیش‌تری را بر روی اندازه ذرات فراهم می‌کند. گاهی نیز از سنتز دومرحله‌ای استفاده می‌شود به طوری که در مرحله اول از یک احیاءکننده قوی برای سنتز نانوذرات بسیار ریز و در مرحله بعد از یک احیاءکننده ضعیف‌تر برای کنترل سرعت رشد ذرات استفاده می‌شود (۱۷). واکنش‌های کاهش شیمیایی با وجود سهولت دارای معایبی نیز هست. عمده‌ترین مسأله‌ای که در این واکنش‌ها مطرح است زمان انجام

واکنش است که عموماً بسیار طولانی است و در بعضی از موارد مانند واکنش‌های کاهش الکی در حجم بالا تحت رفلکس انجام‌پذیر نیست (۱۵).

**سنتز نوری:** از روش سنتز نوری، اغلب برای نشان دادن یون نقره بر روی ماده‌ای دیگر و ایجاد کامپوزیت استفاده می‌شود. با این روش بیش‌تر تأثیر نقره بر روی خواص کامپوزیت تهیه شده مطالعه می‌شود. لیو و همکاران (۲۰۰۴)، با احیای نوری نقره بر روی دی‌اکسید تیتانیوم، خاصیت فوتو کاتالیتیکی پودر دی‌اکسید تیتانیوم را افزایش دادند (۸).

**سنتز فاز بخار:** در این روش شرایط به‌گونه‌ای ایجاد می‌شود که مخلوط فاز بخار به‌طور دینامیکی ناپایدار باشد تا مواد به‌صورت جامد در اندازه نانو تهیه شوند، بنابراین ایجاد بخار فوق اشباع دارای اهمیت است که این مسأله به دانش شیمی بخار اشباع بر می‌گردد. مستقیم‌ترین روش برای به‌دست آوردن بخار فوق اشباع این است که یک جامد را حرارت دهیم تا به‌صورت بخار در یک گاز پایه در آید، سپس با یک گاز سرد آن را مخلوط کنیم تا دمای آن کاهش یابد. این روش جهت تولید نانو ذرات فلزی بسیار مناسب است، زیرا خیلی از فلزات با یک سرعت منطقی و در یک دمای مناسب بخار می‌شوند؛ اما به‌دلیل میل ترکیبی بخار فلزات با اکسیژن، عمدتاً برای سنتز نانوذرات اکسید فلزی مناسب‌تر است (۳).

**سنتز به روش تولن:** در سال‌های اخیر استفاده از روش تولن برای سنتز نانوذرات نقره به‌خاطر یک‌مرحله‌ای بودن و همین‌طور قابلیت کنترل اندازه ذرات افزایش یافته است. اساس روش تولن احیای محلول آمونیاکی نمک نقره توسط گلوکز است. روش تولن، قادر به تهیه فیلمی از نانوذرات نقره با ذرات ۵۰ تا ۲۰۰ نانومتر و هیدروسل‌هایی با ذرات ۲۰ تا ۵۰ نانومتر می‌باشد. حتی با تغییر عامل احیاءکننده می‌توان نانو ذرات کوچک‌تری از نقره تهیه کرد (۱۶). پاناسک و همکاران (۲۰۰۶) از چهار نوع ساکارید (گلوکز، گالاکتوز، مالتوز و لاکتوز) برای احیای نقره استفاده کردند. سنتز نقره توسط احیای کمپلکس  $[Ag(NH_3)_2]^+$  توسط ساکاریدهای فوق انجام گرفت (۱۳). اندازه ذرات نقره سنتز شده با این روش از ۲۵ تا ۴۵۰ نانومتر با توجه به غلظت آمونیاک در تغییر می‌باشد. میانگین اندازه ذرات با افزایش غلظت آمونیاک نیز افزایش یافته و به ماکزیمم اندازه خود در غلظت ۰/۰۳۵ مولار برای دی‌ساکاریدها (مالتوز و لاکتوز) و ۰/۲ مولار برای مونوساکاریدها (گلوکز و گالاکتوز) رسید (۱۳).

#### 1- Tollens process

سنتز به روش فتولیز یا روش پرتوکافت گاما: در این روش محلول آبی نمک فلزی مربوطه- نیترات نقره- در معرض اشعه گاما قرار داده می‌شود. طی این جریان، از رادیولیز آب، الکترون‌های هیدراته و اتم‌های هیدروژن به وجود می‌آیند که این گونه‌ها به صورت معرف‌های کاهنده بسیار قوی هستند و باعث کاهش یون فلز شده و عدد اکسایش فلز را به صفر می‌رسانند. به منظور ممانعت از اکسیداسیون ذرات، باید یک رباینده رادیکال هیدروکسیل مانند پروپان-۲-ال قبل از تابش‌دهی اضافه شود. البته برای سنتز نانوذرات نقره از پایدارکننده‌هایی نیز استفاده می‌شود تا مانع لخته‌شدن و تجمع ذرات شود. میزان پلیمر مصرفی با غلظت یون نقره ارتباط مستقیم دارد و در هر مرحله نیاز به بهینه‌سازی است (۲۰).

**سنتز به روش الکتروشیمی:** نانوذرات فلزی را می‌توان از طریق واکنش‌های الکتروشیمیایی نیز تهیه کرد. بیش از ۷۰ سال است که از روش‌های الکتروشیمی به منظور تولید پودرهای فلزی و یا آلیاژهای فلزی با قطر متوسط بزرگ‌تر از یک میلی‌متر استفاده شده است. پیشرفت‌های اخیر در علم و فناوری هسته‌گذاری الکتروشیمیایی، کارآیی الکتروشیمی را در تولید نانوذرات توسعه داده است (۱۴). نمک‌های نقره در الکترولیت‌های رایج چندان محلول نیستند؛ اما ذرات نقره به سهولت بر سطح کاتد می‌نشینند. تاکنون رسوب‌گذاری الکتروشیمیایی بر پایه سولفات، نیترات، کلرید، برمید و یدید نقره انجام شده است. در تمام موارد، لایه‌ای از نقره بر روی الکتروود حاصل شد. البته حتی با افزودن بازدارنده‌های آلی مانند تترا ایزو آمیل آمونیوم سولفات، تترا بوتیل آمونیوم سولفات و آنیلین نیز توزیعی از ذرات پراکنده ایجاد نشد، اما در نهایت، ذرات نقره با افزودن ژلاتین به دست آمد و به وسیله سدیم تیوسولفات فعال شد. یکی از روش‌های کاربردی در سنتز نانوذرات فلزی طی روش الکتروشیمی، الکترو پالس است؛ این روش بر پایه استفاده از الکتروشیمی پالسی و شیمی صوت است و نیاز به تجهیزات زیادی دارد (۲۱).

### کاربرد نانوذرات

**در صنایع غذایی:** از آنجا که نگهداری بهداشتی مواد غذایی برای جلوگیری از فاسد شدن آن‌ها هزینه بسیاری در طول سال نیاز دارد، نقره به عنوان ضدباکتری یک گزینه مناسب برای پوشش مواد بسته‌بندی جهت به تاخیر انداختن رشد میکروب‌ها و همین‌طور تازه نگه داشتن مواد غذایی به مدت طولانی‌تر می‌باشد (۱۲).

در صنعت نساجی: امروزه از نقره در لباس‌های جراحی برای جلوگیری از عفونت در اتاق عمل استفاده می‌کنند. همچنین می‌توان با آغشته کردن الیاف با نقره از ایجاد عرق و بوی بد پا جلوگیری کرد (۱۲).

در صنعت لوازم منزل: از نانو پوشش‌های نقره جهت جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در لوازم خانگی استفاده می‌شود. زیرا این نانوذرات بسیار فعال هستند و باعث تمیز شدن آب یا هوای جاری در داخل محفظه می‌شوند تا محیطی بهداشتی‌تر در داخل یخچال و ماشین‌های لباسشویی ایجاد گردد (۱۲).

در مواد شوینده و بهداشتی: از کاربردهای وسیع نانوذرات نقره در صابون‌های ضدباکتری، کرم‌های ضدآفتاب و روشن‌کننده پوست و گازهای استریل است که همگی باعث می‌شوند تا باکتری‌ها بر پوست بدن انسان قادر به رشد نباشند تا محیطی سالم و بهداشتی فراهم شود (۱۲).

در صنعت کاغذ و چاپگرها: امروزه کاغذهایی تولید شده‌اند که دارای لایه نازکی از نقره بر روی آن می‌باشند. از موارد استفاده این نوع کاغذ، می‌توان در بیمارستان‌ها و کارخانه‌های تولید مواد غذایی که باید محیطی عاری از آلودگی و میکروب باشند، اشاره کرد. حتی جوهرهای چاپگر حاوی نقره نیز تولید شده‌اند تا آلودگی جوهرهای معمولی را به حداقل برساند (۱۹).

رنگدانه برای جوهر: پیشرفت‌های اخیر در فناوری نانو، در حال ایجاد فرصت‌های جدیدی است که از سوی سازندگان و مصرف‌کنندگان جوهر مورد توجه قرار گرفته است تا خواص و کارایی جوهرها را افزایش دهد. یکی از محصولات فناوری نانو در این عرصه، رنگدانه‌های نانومتری است که شامل دی‌اکسید تیتانیوم است و ظرفیت بالایی در جذب نور دارد. هم‌اکنون پژوهش‌گران در تلاشند تا با استفاده از نانو مواد و بدون استفاده از رنگدانه‌های متعارف، به رنگ‌های متفاوت دست یابند. این رنگ‌ها که با توزیع نانوذرات هم‌اندازه ایجاد می‌شوند، درست به همان شکلی که رنگ بخش‌های مختلف بال پروانه‌ها با هم تفاوت می‌کند، می‌باشند. همچنین پژوهش‌گران در حال توسعه پلیمرهای چندشاخه<sup>۱</sup> از پلی‌اورتان‌ها هستند تا از این طریق مشکلات چاپگرهای استفاده‌کننده از سیستم‌های جوهر متفاوت برای چاپ بر روی پلیمرهای قطبی مثل پلی‌استر و پلی‌آمید، نیز پلاستیک‌های غیرقطبی مثل پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن را حل نمایند. تعداد بسیار فراوان گروه‌های عاملی بر روی پلیمرهای چندشاخه، گروه‌های پیوندی کافی برای اتصال جوهر به نقاط چسبنده بر سطح پلیمر را ایجاد می‌کند (۲۰).

---

1- Hyperbranched

سیستم‌های نگهداری: فن‌آوری ذرات نانو برای شیمی پایانه تر، اساساً علم مونومرهای سیلیکاست که به صورت توده در می‌آیند. اولین نسل آن‌ها، ترکیب ذرات نانوانیونی (سیلیکای کلوئیدی) و نشاسته کاتیونی، امروزه هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اوایل دهه ۱۹۹۰، نسل جدیدی از ذرات نانو که ساختار سیلیکاسل در آن‌ها تکامل یافته بود و قابلیت استفاده در ترکیب به همراه پلی‌اکریل آمیدهای سنتزی را داشتند معرفی شد. این پیشرفت، بهبود قابل‌توجهی ورای فن‌آوری‌های قدیمی‌تر بود. زیرا ذرات نانو با پلی‌اکریل آمیدهای سنتزی پیوند بهتری حاصل کرده بودند. گوی‌های سیلیس، پیوندهای قوی کووالانسی سیلوکسان ایجاد می‌کنند که تحت‌تأثیر نیروهای برشی در ماشین کاغذسازی شکسته نخواهد شد. با وجود این ویژگی‌های اصلاح‌شده، آن‌ها فقط روی کاغذهای نرم و تمیزتر و مقوا مؤثر است و برای آن دسته از کاغذهایی که در پایانه تر از هدایت بالایی برخوردارند مناسب نیست. کاغذسازها برای بهبود آبگیری و حفظ نرمه‌ها در ماشین کاغذ از سیلیس کلوئیدی و محصولات مرتبط با آن، سالانه در تولید بالغ بر ۱۰ میلیون تن کاغذ و مقوا استفاده می‌کنند. نوع دوم افزودنی‌های صنعتی مورد استفاده در ترکیب با پلیمرهای کاتیونی برای بهبود نگهداری و زهکشی، مونت‌موریلونیت‌های قلیایی هستند که به‌طور معمول به‌عنوان بنتونیت شناخته می‌شوند. در مقایسه با سیستم‌های میکرو که در آن‌ها از ذرات سیلیس کلوئیدی استفاده می‌شود، نمونه‌هایی از کاربردهای جدید نانوذرات، رنگدانه کائولین است که به‌عنوان یک عامل پوشش‌دهنده سطحی و بهبوددهنده سفتی کاغذ است. پرکننده‌های با اندازه نانو به‌دلیل داشتن وزن پایه کم‌تر می‌توانند جایگزین الیاف در کاغذسازی شوند. این ترکیبات در حقیقت نانوذراتی هستند که باعث تقویت و بهبود ویژگی‌های چاپ‌پذیری کاغذ و مقوا می‌شوند. استفاده از مقادیر بیش‌تری از پرکننده و نانوذرات به‌عنوان کمک نگهدارنده مناسب برای ماشین‌های با سرعت بالا است که باعث افزایش بهره‌وری و بازده می‌شود. هم‌چنین عوامل آهاردهی کاغذ که برای مقاوت کاغذ به جذب رطوبت اضافه می‌شوند دارای چنین ویژگی‌هایی هستند. در مقیاس تجاری، ابعاد اولیه مواد افزودنی سیلیس کلوئیدی عمدتاً در محدوده ۱-۵ نانومتر قرار دارد. با توجه به این‌که این ذرات در مقیاس نانو و تقریباً کروی شکلند، سطح ویژه آن‌ها زیاد و حدود ۳۰۰۰-۵۰۰ مترمربع بر گرم است. در حقیقت سطح ویژه این ذرات حدود ۱۰۰۰ برابر بیش‌تر از سطح ویژه سایر مواد جامد تشکیل‌دهنده کاغذ است. سطح ویژه الیاف کاملاً واکنشیده از خمیر کاغذ چوب در حالت مرطوب در حدود ۲۰۰ مترمربع بر گرم است. اما این مقدار در مقایسه با سطح ویژه ذرات نانوکلوئید سیلیس تجاری مورد استفاده در بهبود ماندگاری و آبگیری، اختلاف زیادی دارد. سطح سیلیس می‌تواند اسیدی



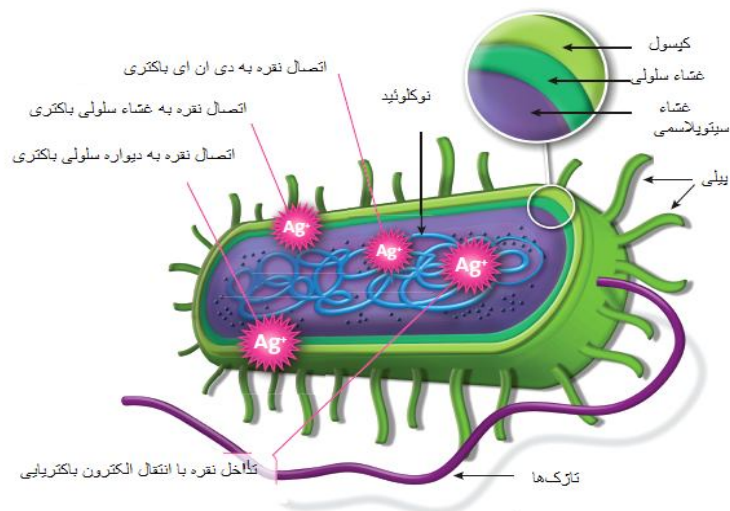
باشد، یعنی پروتون‌های جدا شده از گروه‌های سیلانول از کنار یک بار منفی، محل برخورد را ترک می‌کنند. این عمل باعث افزایش دانسیته شارژ سطحی و افزایش pH می‌شود. ساختار ترکیبات سیلیس کلوئیدی نیز می‌تواند متفاوت باشد. اگر یک کلوئید سیلیسی تنها به شکل پراکنده به دوغاب خمیر یا الیاف تیمار نشده افزوده شود، تأثیر خاصی نخواهد داشت یعنی این‌که الیاف نه انباشته می‌شوند و نه پراکنده و هیچ تغییری در سرعت خروج آب از خمیر کاغذی روی توری دیده نمی‌شود (۶).

**نانوالیاف:** نانوالیاف‌ها، الیافی با قطر کم‌تر از یک میکرومتر هستند. این الیاف، طول‌های نسبتاً کوتاه چندمیکرونی و قطر کم‌تر از ۵۰۰ نانومتر دارند. قطر الیاف نانو به پارامترهای مختلفی مانند غلظت پلیمر، ولتاژ الکتریکی اعمال شده، فاصله، دبی، دما، رطوبت محیط، ویسکوزیته و... بستگی دارد. لایه‌ای که توسط نانوالیاف تولید می‌شود دارای خواص متمایزی است. زیرا با کم‌ترین جرم، بیش‌ترین میزان لایه و سطح تولید می‌شود به طوری‌که با یک گرم پلیمر می‌توان ۳۲۰۰۰ کیلومتر الیاف ۱۰۰ نانومتری تولید کرد. بنابراین به راحتی می‌توان به اهمیت استفاده از نانوالیاف در کاربردهای مختلف اشاره کرد. با توجه به آن‌که نانوالیاف‌ها طی این سال‌ها به‌شدت رشد داشته، بهتر است قبل از معرفی چنین محصولاتی به بازار احتیاط بیش‌تری کرد. امروزه نانوالیاف به واسطه تخلخل بسیار بالا، سبکی و مهم‌تر از همه سطح ویژه فوق‌العاده بالا، در حوزه‌های مختلف کاربرد دارد. روش‌های تولید نانوالیاف متنوع است که از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به کشش، جداسازی الیاف چندجزئی، جدایش فازی و خودهم‌آرایی ماکرومولکول‌ها اشاره کرد. با این‌حال فرآیندهای مبتنی برالکتروریسی، به‌رغم سادگی فرآیند و تجهیزات مورد نیاز، مقرون‌به‌صرفه‌ترین و کارآمدترین روش تولید نانوالیاف بوده است. فرآیندهای الکتروریسی از لحاظ سرعت، تنوع، پیوستگی، سادگی، هزینه و امکان تجاری‌سازی، بر سایر روش‌ها برتری دارند. در این فرآیند، محلول یا مذاب پلیمری در یک میدان الکتریکی با ولتاژ بالا قرار می‌گیرد و به واسطه بار القاشده، نیروی الکترواستاتیکی بر محلول یا مذاب وارد می‌شود که بر خلاف نیروی کشش سطحی، محلول یا مذاب است. زمانی‌که نیروی الکترواستاتیکی بیش‌تر از نیروی کشش سطحی محلول یا مذاب شود نانوالیاف شکل می‌گیرد. نانوالیاف‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به‌عنوان فاز پرکننده یا تقویت‌کننده در ساخت کاغذ یا کامپوزیت‌ها کاربرد داشته باشند (۶).

**ویژگی‌های نانوذرات نقره:** نانوذرات نقره به‌علت رهایش یون نقره خاصیت ضدباکتریایی را علیه باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی از خود نشان می‌دهند. اتصال این ذرات به پروتئین‌های حاوی گوگرد در سطح غشای باکتری‌ها، امکان ورود و تغییر در مورفولوژی و زنجیره تنفسی باکتری را فراهم می‌کند

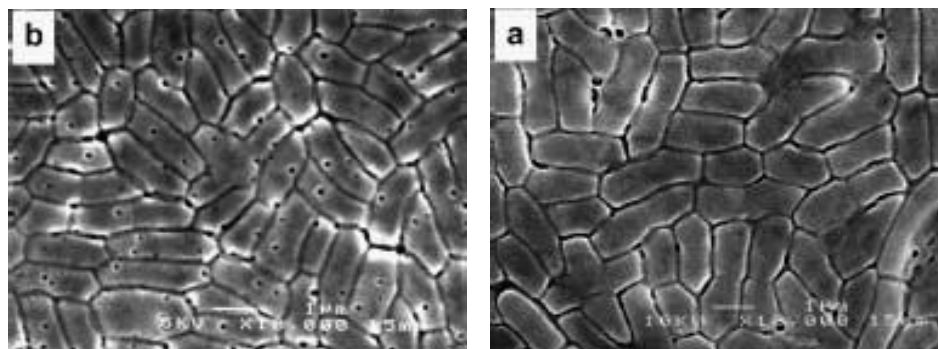
و در نهایت با اثرگذاری بر فرآیند مرگ سلولی منجر به مرگ عامل بیگانه می‌شود. نکته دارای اهمیت آن است که باکتری‌ها نسبت به این ذرات مقاومت پیدا نمی‌کنند. بنابراین اثرگذاری بر طیف وسیعی از باکتری‌ها میسر خواهد بود. به علاوه این ذرات پس از اثر در نقطه هدف بر میکروارگانیسم‌های دیگر نیز تأثیر می‌گذارند. نانوذرات نقره علاوه بر باکتری‌ها، با اتصال به گلیکوپروتئین‌های سطح ویروس مانع از اتصال آن‌ها به سلول‌های میزبان و در نهایت مرگ ویروس می‌شوند (۱).

**مکانیزم عملکرد نقره در برابر باکتری‌ها:** مکانیزم عملکرد نقره در برابر باکتری‌ها هنوز کاملاً مشخص نیست. ممکن است ذرات نقره به سطح غشای سلول بچسبند و کارهای معمولی سلول مانند تنفس و انتقال مواد را مختل کنند. این نظریه ناشی از بازده بالای نانوذرات ریزتر است. زیرا با افزایش سطح ذرات، میزان چسبندگی به سطح سلول‌ها نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه راندمان میکروبی‌کشی بالاتر می‌رود. شکل ۲ چسبیدن نانوذرات نقره به باکتری‌ها را نشان می‌دهد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داده است که نانوذرات نقره نه تنها در سطح سلول وجود دارند، بلکه به داخل آن نیز رخنه کرده‌اند (شکل ۳). وجود ذرات داخل سلول این نظریه را تقویت می‌کند که نقره با ایجاد پیوند با فسفر و گوگردی که داخل ترکیبات سلول مانند DNA وجود دارد باعث کشتن و از بین رفتن میکروب می‌شود (۱۹).



شکل ۲- مکان اتصال نانوذرات نقره به باکتری‌ها (۱۱).

Figure 2. Silver Nanoparticles sites on bacteria (11).



شکل ۳- تصاویر SEM سلول‌های *E-coli* (a) و سلول‌هایی که در معرض نانوذرات نقره قرار گرفته‌اند (b) (۱۹).  
Figure 3. Scanning electron micrographs *E. coli* cells (a) and cells treated with silver nanoparticles (b) (19).

ضرورت استفاده از کاغذهای ضدباکتری: کاغذ ضدباکتری همان‌طور که از نام آن پیدا است باید بتواند باکتری‌های در تماس با خود را از بین ببرد. به همین دلیل، کاربردهای این کاغذ در مواردی که عدم وجود عامل بیماری‌زا مهم و حیاتی است قابل‌توجه است. به این ترتیب به‌کارگیری کاغذ ضدباکتری به‌جای کاغذ معمولی در کاربردهای بهداشتی باعث می‌شود تا انتشار باکتری‌های بیماری‌زا محدود شود و از انتقال بیماری‌های واگیر جلوگیری به‌عمل آید. این قابلیت در حالی برای کاغذهای ضدباکتری متصور است که به‌منظور تولید کاغذ ضدباکتری نیاز به تغییرات زیادی در فرآیند تولید کاغذ نیست و هم‌چنین ارزش افزوده‌ای که در اثر ایجاد خاصیت ضدباکتری به‌وجود می‌آید، تولید این محصول را بسیار مقرون‌به‌صرفه می‌کند، از طرف دیگر با محدود شدن رشد باکتری‌ها و کاهش هزینه‌های بیمارستانی به‌کارگیری این نوع کاغذها ارزش اقتصادی زیادی دارد (۱۰). در این نوع کاغذها می‌توان براساس نوع کاربرد به‌عنوان مثال ماسک، فیلترهای کاغذی، کاغذهای بهداشتی مانند دستمال کاغذی، دستمال توال، حوله کاغذی یا کاغذهای بسته‌بندی مواد غذایی، خواص مورد نیاز آن کاربرد را در کاغذ ایجاد کرد تا به‌صورت ویژه برای هدف موردنظر مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان نمونه در ماسک و فیلترهای کاغذی خاصیت نفوذپذیری هوا در کاغذ اهمیت دارد. بنابراین در ساخت کاغذ باید به این ویژگی توجه شود و نفوذپذیری مناسب در کاغذ ضدباکتری ایجاد شود. در تولید کاغذهای ضدباکتری از تجهیزات آزمایشگاهی ساخت کاغذ مانند خمیرساز آزمایشگاهی، پالایشگر، دستگاه همزن، دستگاه اندازه‌گیری طول الیاف، دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری هوا در کاغذ، دستگاه آزمون

مقاومت کششی کاغذ، دستگاه ضخامت‌سنج، دستگاه کاغذساز، پرس و خشک‌کن کاغذ، دستگاه کدورت‌سنج، انکوباتور، آون، اتوکلاو، دستگاه میکروسکوپ الکترونی و... استفاده می‌شود (۵).

### نتیجه‌گیری

نانوذرات نقره یکی از امیدهای موفقیت در حوزه تجاری فناوری نانو محسوب می‌شود که تاکنون خواص ضدباکتری این ماده، در طیف گسترده‌ای از محصولات تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که مشخص شده، باکتری‌ها هیچ مقاومتی در برابر نانوذرات نقره نشان نمی‌دهند استفاده از این ذرات نانومتری روز به روز بیش‌تر شده است. به همین دلیل این نانوذرات حتی می‌توانند جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌های مرسوم باشند. همه این دلایل باعث ورود گسترده وسیعی از محصولات ضدباکتری در بازارهای جهانی شده است. در جدیدترین دستاورد این حوزه، پژوهش‌گران موفق به تولید کاغذی شده‌اند که نسبت به باکتری‌های مضر و آسیب‌رسان حساس است و در نتیجه مانع رشد این نوع باکتری‌ها در سطح خود می‌شود. این قابلیت در حالی برای کاغذهای ضدباکتری متصور است که به‌منظور تولید کاغذ ضدباکتری نیاز به تغییرات زیادی در فرآیند تولید کاغذ نیست و هم‌چنین ارزش افزوده‌ای که در اثر ایجاد خاصیت ضدباکتری به وجود می‌آید، تولید این محصول را بسیار مقرون‌به‌صرفه می‌کند، از طرف دیگر با محدود شدن رشد باکتری‌ها و کاهش هزینه‌های بیمارستانی به‌کارگیری این نوع کاغذها ارزش اقتصادی زیادی دارد.

### رهیافت ترویجی

در دنیای صنعتی امروز به‌دلیل ارتقای سطح آگاهی و توقع مصرف‌کننده نسبت به کیفیت، همواره باید به‌دنبال راه‌حل‌های کارا و سودمند در جهت بهبود کیفیت بود. در حال حاضر فرآیندهای تکمیلی گسترش چشم‌گیری یافته‌اند و نقش به‌سزایی در کیفیت محصول دارند. نقره از موادی است که امروزه به‌دلیل خواص منحصر به فرد آن از جمله خاصیت ضد میکروبی در مقیاس نانو مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در واقع نانوذرات نقره برای عوامل بیماری‌زا یک سم تلقی می‌شوند؛ در حالی که برای بدن انسان، غذاها و بافت‌ها بی‌ضررند. با تغییر اندک در فرآیند تولید کاغذ، قابلیت ساخت کاغذ ضدباکتری با تجهیزات متداول کاغذسازی وجود دارد و با استفاده از این نوع کاغذها می‌توان این اطمینان را به مصرف‌کننده داد که کاغذ در حال استفاده قابلیت باکتری‌کشی دارد و در همه حال عاری از باکتری است.

## منابع

1. Ahmadi, F., Abolghasemi, S., Parhizgari, N., and Moradpour, F. 2013. Effect of silver nano-Particles on common bacteria in hospital surfaces. *Jundishapur J. Microbiol.* 6: 3. 209-214.
2. Chaloupka, K., Malam, Y., and Seifalian, A.M. 2010. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. *Trends Biotechnology*, 28: 580-587.
3. Esumi, K., Tano, T., Torigoe, K., and Meguro, K. 1990. Preparation and characterization of Bimetallic palladium- copper colloids by thermal decomposition of their acetate compounds in organic solvents. *Chemistry Material*, 2: 5. 564-567.
4. Fernandez, A., Soriano, E., Lopez-Carballo, G., Picouet, P., Loret, E., Gavara, R., and Hernandez-Munoz, P. 2009. Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology. *Food Research International*, 42: 1105-1112.
5. Imani, R. 2010. Effect of chitosan and silver nanoparticle on antibacterial properties and paper strength. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. 120p. (In Persian)
6. Latibari, A.J., Khosravani, A., and Nabavi, M.H. 2011. Micro and nanoparticles in paper making. Aeezh Press, 120p. (In Persian)
7. Li, Q., Mahendra, S., Lyon, D.Y., Brunet, L., Liga, M.V., Li, D., and Alvarez, P.J.J. 2008. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: Potential applications and implications. *Water Research*, 42: 18. 4591-4602.
8. Liu, S.X., Qu, Z.P., Han, X.W., and Sun, C.L. 2004. A mechanism for enhanced photo catalytic Activity of silver-loaded titanium dioxide. *Catalysis Today*, 93: 95. 877-884.
9. Lok, C.N., Ho, C.M., Chen, R., He, Q.Y., Yu, W.Y., Sun, H., Tam, P.K., Chiu, J., and Che, C.M. 2006. Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles. *J. Proteome Res.* 5: 4. 916-924.
10. Mahmoodi, M., and Rezaei, Z. 2007. Nanotechnology in simple language. Sabzan publisher, 106p. (In Persian)
11. Marambio, C., and Hoek, E. 2010. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. *J. Nanoparticle Res.* 12: 5. 1531-1551.
12. Mohammadi, M. 2012. Investigation of silver nanoparticles performance on antimicrobial Properties of fluff pulp and paper. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 100p. (In Persian)
13. Panacek, A., Kvitek, L., Prucek, R., Kolav, M., Vecerova, R., Pizurova, N., Sharma, V.K., Nevecna, T., and Zboril, R. 2006. Silver colloid nanoparticles: Synthesis, characterization and their antibacterial activity. *J. Physic. Chem.* 110: 33. 16248-16253.

14. Popov, K.I., and Pavlovic, M.G. 1993. Electro deposition of metal powders with controlled Grain size and morphology. *Modern Aspects of Electrochemistry*, 24: 299-391.
15. Rao, K.J., Vaidyanathan, B., Ganguli, M., and Ramakrishnan, P.A. 1999. Synthesis of Inorganic solids using microwaves. *Chemistry of Materials*, 11: 4. 882-895.
16. Satio, Y., Wang, J.J., Batchelder, D.N., and Smith, D.A. 2003. Simple chemical method for Forming silver surfaces with controlled grain sizes for surface Plasmon experiments. *J. Langmuir*, 19: 17. 6857-6861.
17. Schneider, S., Halbig, P., Grau, H., and Nickel, U. 1994. Reproducible preparation of silver sols with uniform particle size for application in surface-enhanced Raman Spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, 60: 6. 605-610.
18. SonDI, I., Goia, D.V., and Matijevic, E. 2003. Preparation of highly concentrated stable Dispersions of uniform silver nanoparticles. *J. Coll. Int. Sci.* 260: 1. 75-81.
19. SonDI, I., and SonDI, B.S. 2004. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: A case study on *E. coli* as a model for gram-negative bacteria. *J. Coll. Int. Sci.* 275: 177-182.
20. Temgire, M.K., and Joshi, S.S. 2004. Optical and structural studies of silver nanoparticles. *J. Rad. Physic. Chem.* 71: 5. 1039-1044.
21. Zoval, J., Stiger, R.M., Biernacki, R., and Penner, M. 1996. Electrochemical deposition of silver nano crystallites on the atomically smooth graphite basal plane. *J. Physic. Chem.* 100: 2. 837-844.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 5 (2), 2016*  
<http://ejang.gau.ac.ir>

## **Investigation the production methods and silver nanoparticles antimicrobial properties in papermaking industry**

**\*V. Vaziri<sup>1</sup> and M.H. Aryaie Monfared<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Technology, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 08/04/2014; Accepted: 08/22/2015

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Different cultures are reflected as collections of words in the languages. The meaning concepts of these words are undoubtedly related to the experience and career awareness of people in every region. Native specialized terminology in pastures exploitation accounts for a precious heritage, the role of which is of great importance for extension, maintenance and continuous exploitation of natural areas. In recent years, the approach of the society to traditional knowledge of range users and social dignity of their career, which not long ago was a pillar of strength and development of rural socio-economic structure, has been faded by the oblivion of these words. This study aimed to identify, extend and introduce the specific herding terminology among pastoral nomads of Shabsavan tribe in summer pastures of Sabalan Mountain, Ardabil Province.

**Materials and Methods:** The terms offered in this article are based on the results of a collaborative research conducted in the study area. Initially, some representatives were selected as informants and then, at the right moment, non-structural dialogue was conducted by communicating in a friendly way. Statements including words and sentences were recorded as keywords or detailed information and then conversations were analyzed at the appropriate time. This research started in June 2012 and ended in December of the same year. Overall, a number of 100 range beneficiaries in 13 groups (male and female) and 45 individual persons were interviewed. In this method deep and purposeful interviews were undertaken and information and vocabularies related to the exploitation of rangelands in the themes such as types of rangelands and vegetation

---

\* Corresponding author: vahidvaziri@gmail.com

cover, type of livestock grazing on rangelands, herding sites and buildings, naming and division of herds, words of herding-related career classes and terms related to weather and climate were collected and classified.

**Results:** Concluding the results of the respondents' remarks showed that about one hundred practical words concerning pasture and range management could be identified which were common in conversation of Shahsavan nomads for the management, conservation and sustainable use of natural resources.

**Conclusion:** The results also showed that the connotation scope of this terminology is the product of observations accompanied by constant interest of the users during a long time that has been improved in a social regular structure. It not only affects the development of the vocabulary treasures but also influences the expansion of range science.

**Keywords:** Silver nanoparticles, Antimicrobial properties, Antibacterial papers, Methods of production, Sanitary papers