دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال دوازدهم، شماره‌ی ٤٥
بهار ١٤٠٠، صفحات ١٧-١١

مروری بر تاثیرات ضد میکروبی و ضد باکتریایی نانوذرات نقره و نقره وکامپوزیت‌های نقره

زهرا جوانشیر*
گروه شیمی معدنی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Email: z_chem2005@iau.ac.ir

زهرا محمد پور
گروه شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

چکیده

امروزه نانوذرات گستره وسیعی از ذرات با ویژگی‌های منحصر به فرد را در بر می‌گیرد. این ذرات به دلیل اندازه کوچک و ویژگی‌های منحصر به فرد قابلیت استفاده در علوم مختلف را دارند ترکیبات بیولوژیکی در مقیاس نانو دارای خصوصیات فیزیکی- شیمیایی بی‌همتایی هستند که در سال‌های اخیر کارایی اخیرا نانو ذرات آنتی‌میکروبیال، بویژه نانوذرات نقره و فعالیت ضد میکروبی آن‌ها مورد توجه محققان قرار گرفته و پژوهش هایی انجام شده است. در این مطالعه پیشرفت‌های اخیر و نتایج پژوهش‌های محققان در استفاده از خواص ضدباکتریایی و ضد عفونی نانوذرات نقره، نقره وکامپوزیت‌های نقره مرور شده است. جستجو در سایت‌های SID, google scholar انجام گرفته است. محدودیت زمانی برای جستجو نداشتیم و هر مقاله‌ای که شرایط ورود را داشته تا اسفند ۹۸ وارد مطالعه شدند. از بین مقالات یافت شده تعدادی با شرایط شامل مقاله کامل داشتن خواص ضدباکتریایی وضدعفونی داشته باشند ۱۰ مقاله مورد ارزیابی قرار گرفتند. تمام مقالات دارای خاصیت ضدباکتریایی و ضد عفونی نانوذرات نقره، نقره وکامپوزیت‌های نقره در سطوح مختلف بوده‌اند.

کلید واژه: نانوذرات نقره، ضد باکتریایی، ضدمیکروبی.

مقدمه

فناوری نانو وابسته به اندازه مواد در مقیاس نانومتر است مفهوم بی نظیر بودن اغلب هنگام بحث در باره آنچه که نانو را در زمینه‌های فیزیکی وشیمیایی متفاوت جلوه می‌دهد به کار می رود نقره به شکل خالص یا آلیاژ با سایر فلزات یا نمک استفاده می‌شود. این عنصر در حالت یونی و در غلظت های کنترل شده اثرات ضد باکتری و ویروس و قارچ و مخمر داشته و اثرات منفی برای انسان ندارد.

خواص عمده نانو ذره نقره عبارتند از: ایجاد نکردن حساسیت، پایداری زیاد، آب دوست بودن، سازگاری با محیط زیست، مقاوم در برابر حرارت، عدم ایجاد یا افزایش مقاومت و سازگاری در میکروارگانیسم‌ها.

هم‌چنین قابلیت زیاد در اضافه شدن به الیاف، پلیمرها، سرامیک‌ها، سنگ‌ها، و رنگ‌ها بدون تغییر دادن خواص ماده دارند. خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره باعث گسترش کاربردهای آن در حوزه‌های نساجی، صنایع رنگ، سرامیک، داروسازی، کشاورزی، دامپروری، بسته‌بندی مواد غذایی وآرایشی –بهداشتی شده است.

مواد و روش‌ها

- اثرات ضد میکروبی نانوذرات نقره

عملکرد ضد میکروبی یون‌های نقره در ابعاد نانو از طریق تخریب غشاء سلول وا ختلال در عملکرد آنزیم های زنجیره تنفسی می‌باشند [۱]. فراریت کم خاصیت ضد میکروبی طولانی مدت وکم اثر بودن آن روی سلول‌های یوکاریوت آن را به یکی از منحصر به فرد ترین کاتیون‌های فلزی جهت استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی مبدل کرده است [۲]. نانوذرات نقره با روش‌های متنوعی تولید می‌شوند که نتیجه آن تولید نانوذراتی با شکل و ابعاد مختلف است از جمله این روش‌ها می‌توان به روش سل ژل لیتوگرافی، فرسایش و روش های فیزیکی و شیمیایی اشاره کرد [۳].

از میان روش‌های موجود روش احیاء شیمیایی به دلیل سهولت کنترل شرایط واکنش. مصرف انرژی کم توانایی کنترل شکل و اندازه نانو ذرات توسط نوع احیاء کننده شرایط واکنش مثل دما و...یکی از متداول ترین ومطلوب ترین روش سنتز نانو ذرات نقره می باشد [۴]. بنابراین استفاده مناسب از احیاکننده نقش مهمی در تولید نانوذرات با خاصیت ضدمیکروبی کارآمد دارد.

- اثر بخشی ضد باکتریایی پانسمان های نانو کریستال نقره

نقره دارای اثر ضد باکتریایی بسیار قوی به ویژه درمورد میکرو ارگانیسم‌های مقاوم به آنتی بیوتیک‌ها می‌باشد [۶۵]. مکانیسم‌های تاثیر یون نقره بر متابولیسم باکتری متفاوت است از نانو کریستال های نقره در پانسمان‌های مدرن استفاده می‌شود که شامل کریستال‌های قابل حل نقره است که به راحتی توانایی آزاد سازی در محیط زخم را دارند. اندازه بسیار کوچک این ذرات تضمین‌کننده سطح تاثیر ضد میکروبی گسترده آن‌ها می‌باشد [۷].

یون نقره خاصیت ضد میکروبی بسیار وسیعی داشته و زمانی که در غلظت مناسب استفاده شود بر روی مخمرها، قارچ‌ها، کپک‌ها و باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها مانند استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی سیلین انتروکوهای مقاوم به ونکومایسین تاثیر می‌گذارد نقره با مهار چرخه تنفسی در سطح سیتوکروم‌ها و انتقال الکترون موجب اثر باکتری کشی می‌گردد [۱].

اما با استفاده از پانسمان های نانوکریستال نقره این اثرات به حداقل ممکن کاهش می‌یابند. بنابراین نقره دارای ویژگی-های ضد عفونی کنندگی، ضد میکروبی و ضد التهابی است و بسیار وسیع الطیف نیز می‌باشد [۹-۱۴]. پانسمان نقره به دلیل خاصیت ضد میکروبی و حفظ رطوبت مناسب برای ترمیم زخم، بر کنترل عفونت تاثیر می‌گذارد.

آزاد سازی مداوم یون نقره در این پانسمان‌ها منجر به تاثیر ضد میکروبی سریع و قوی آن‌ها می‌شود علاوه بر آن موجب کاهش استفاده از عوامل مسکن و مخدر شده و استرس تعویض پانسمان را کاهش می‌دهد [۱۵-۱۶].

فعالیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره‌ی سنتز شده

چندین روش جهت سنتز نانوذرات نقره وجود دارد که از بین آن‌ها روش سنتز سبز از جهت به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی بسیار مناسب و مقرون به صرفه است [۱۷].

اختلاف بین بار منفی میکروارگانیسم و بار مثبت نانوذره، به صورت الکترومغناطیس جاذب عمل کرده و باعث اتصال نانوذره به سطح سلول می‌شود. هر چه نانوذرات کوچک‌تر باشند، نسبت سطح به حجم افزایش یافته و تعداد یون بیش-تری آزاد می‌شود و در نتیجه خاصیت ضد میکروبی بیش‌تری از خود نشان می‌دهند.

یون‌های نقره با گروه‌های تیول، کربوکسیل، هیدروکسیل، آمینو و فسفات پروتئین‌ها و آنزیم‌های غشاء باکتریایی در تعامل بوده و باعث تغییر ساختار غشای سلولی می‌شوند. همچنین با غیر فعال کردن آنزیم‌ها در نهایت موجب مرگ سلولی می‌شود [۱۸].

نانو ذرات نقره بسیار با ثبات می‌باشند و به راحتی در محلول-های آبی پراکنده می‌شوند که از جنبه کاربردی ویژگی مثبتی است، ولی توجه به اثرات زیست محیطی و استفاده صحیح آن‌ها را ضروری می‌سازد.

همچنین برخی مطالعات نشان دادند که نانوذرات نقره می-توانند محرک رشد گیاهان باشند [۱۹].

- بررسی اثر پانسمان نانو نقره در بهبودی زخم

صنعت نساجی یکی از صنایع مرتبط با بهداشت افراد در هر گروه سنی و اجتماعی به حساب می‌آید. نانو نقره نیز یکی از پر کاربردترین محصولات نانو تکنولوژی است که به داشتن خصوصیات آنتی میکروبیالی مشهور است و قادر به از بین بردن بیش از ۶۵۰ گونه باکتری، ویروس و قارچ می‌باشد شناخته شده است [۲۰].

خاصیت ضد میکروبی نقره از دیرباز شناخته شده بود و به کار می‌رفت. برای مثال در جنگ‌ها جهت ترمیم زخم‌های سربازان روی زخم سکه‌ای از جنس نقره قرار می‌دادند و سپس محل زخم را می‌بستند.

امروزه به مدد فنآوری نانو ساخت ذرات نقره در ابعاد نانو میسر گشته است. ذرات نانو نقره به ما این امکان را می‌دهند که با کم‌ترین غلظت خاصیت ضد میکروبی بسیار قوی را از فلز نقره شاهد باشیم [۲۱].

نانو نقره در عین دارا بودن چنین خصوصیاتی در صورت تماس با پوست انسان ایجاد حساسیت نمی‌کند. نانو نقره در قیاس با دیگر روش‌های آنتی میکروبیال از دوام و کارایی بالاتری برخوردار است و استفاده از آن در اغلب فرایندهای متداول در صنعت نساجی، بدون نیاز به ماشین آلات و فرایندهای جانبی خاص، به سهولت امکان پذیر است [۲۱-۲۰].

بعضی از خواص بهداشتی نانو نقره شامل خواص ضد میکروبی، ضد ویروسی و ضد قارچی، غیر سمی بودن، کارایی مناسب با مصرف مقادیر کم، پایداری مناسب خصوصیت آنتی میکروبیالی پس از چندین مرتبه شستشو، عدم ایجاد حساسیت و آلرژی، کاهش بوهای نامطبوع، حفظ توازن بیولوژیکی پوست و طراوت در جریان فعالیت‌های ورزشی می‌باشد [۲۲-۲۳].

- بررسی خواص ضد باکتریایی رزین کامپوزیت های حاوی نقره

کامپوزیت رزین‌ها نسبت به آمالگام و گالس یونومر دارای تجمع بیش‌تر بیوفیلم و اثرات ضدباکتریایی کم‌تری بودهان که این خود، میزان پوسیدگی‌های ثانویه را افزایش می‌دهد [۲۴].

بنابراین یک راه مهم پیشگیری از پوسیدگی های ثانویه، جلوگیری از رشد بیوفیلم برروی سطوح دندان و ترمیم است [۲۵]. از آنجایی که دوام ترمیم‌ها و بهداشت دهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ لذا مطالعات متعددی در زمینه ایجاد اثر ضد باکتریایی در رزین کامپوزیت‌ها با افزودن ترکیباتی نظیر ذرات تیتانیوم، طلا و نقره صورت گرفته است [۲۶-۲۷].

نانوذرات نقره بر روی رِنج وسیعی از باکتری‌های گرم منفی تا گرم مثبت و حتی طیف مقاوم به آنتی بیوتیک تأثیر دارد اثرات ضدباکتریایی، وابسته به غلظت و اندازه ذرات است؛ به طوری که هرچه غلظت ذرات بیش‌تر و اندازه ذرات کوچک‌تر باشد خاصیت ضدباکتری آن نیز بیش‌تر می‌شود همچنین جدای از اندازه و غلظت، شکل ذرات نیز بر خاصیت ضد باکتریایی تأثیرگذار است [۲۸].

- بررسی تاثیر نقره برروی خاصیت ضد میکروبی سطح لعاب

لعاب به عنوان یک پوشش از چندین هزار سال پیش برای پوشاندن سطح سرامیک‌ها استفاده شده است. این پوشش به صورت یک لایه نازک سطح سرامیک را می‌پوشاند و علاوه بر این‌که باعث زیبایی محصولات سرامیکی می‌شود پایداری شیمیایی آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد.

برای ساختن لعاب‌های آنتی باکتریال از فلزات مختلفی به عنوان عامل ضدمیکروبی استفاده شده است.

از میان این فلزات، می‌توان به نقره، طلا، روی، جیوه اشاره کرد. اما نقره و ترکیبات آن به عنوان عامل ضد میکروبی قوی قادر به مقابله با میکروارگانیسم‌ها و مانعی برای رشد و تکثیر آن‌ها است، در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرارگرفته است [۲۹-۳۰].

لعاب‌های آنتی باکتریال عمدتاً به وسیله ترکیب کردن مواد ضدمیکروبی با دوغاب لعاب و اعمال آن بر روی بدنه سرامیکی ایجاد شده‌اند. اما از معایب این روش این است که خاصیت ضد میکروبی لعاب متاثر از فرآیند پخت لعاب می‌باشد.

بدین صورت که با توجه به اینکه دمای ذوب نقره در مقایسه با دمای پخت لعاب، پائین‌تر است، در حین فرآیند پخت لعاب، نقره به عنوان ماده ضد میکروبی در اثر دمای بالا در درون لعاب حل شده و یا حتی گاهی تبخیر خواهد شد. به علاوه وجود نقره در درون دوغاب لعاب باعث کاهش پایداری لعاب شده که نیاز است، لعاب مدت زمان طولانی‌تری را تحت حرارت قرار گیرد که این خود باعث کاهش بیش‌تر خاصیت ضد میکروبی لعاب خواهد شد.

- تاثیر نانو نقره بر روی اثر ضد میکروبی منسوجات پزشکی

به دلیل نقش بسیار گسترده منسوجات در زندگی بشری بعنوان محل رشد، تکثیر و توزیع میکروارگانیسم‌ها تکمیل‌های ضد میکروبی بشدت مورد توجه است [۳۱]. نانو ذرات بوسیله روش‌هایی مانند روکش دهی با اسپری، الکترواستاتیک و پد کردن توانایی اتصال به سطح را دارا می‌باشند [۳۲-۳۳].

نانو نقره یک آنتی بیوتیک بسیار قوی است که بر علیه انواع باکتری، ویروس و قارچ‌ها بکار می‌رود. ذرات نانو نقره خواص سطحی فوق العاده بالایی دارند در اندازه های بسیار کوچک‌تر از ۱۰ نانو متر و قابلیت دیسپرس شدن بسیار بالایی دارند [۳۴].

- مکانیسم تأثیر نانو نقره بر میکروارگانیسم‌ها بصورت زیر توجیه می‌شود:

الف) مکانیسم یونی: ذرات نانو نقره با آزاد کردن یون‌های نقره و جذب باند سولفات هیدروژن که اساس آنزیم‌های پروتئینی در باکتری‌ها به شمار می‌رود باعث تخریب آنی گشته و در نتیجه آنزیم را غیر فعال می‌کند و در اثر آن بدلیل نرسیدن یا عدم جذب فسفات توسط سلول باکتری از بین می‌رود این مکانیسم با از بین رفتن باکتری خاتمه پیدا نمی‌کند بلکه بصورت دائم ادامه پیدا می‌کند.

ب) مبدل کاتالیستی:

این مکانیسم با حضور ذرات نانو نقره و نیمه هادی عمل می‌کند با توجه به اینکه خاصیت ضد میکروبی بواسطه عملیات کاتالیزوری انجام می‌شود بر روی بدن انسان هیچ‌گونه حساسیتی ایجاد نمی‌کند [۳۵-۳۶].

- خاصیت ضد باکتری نانو نقره ونانو کامپوزیت های پلی اتیلن –نقره

نانو ذرات با توجه به اندازه، توزیع ذرات و ریختشناسیشان دارای خواصی نوین و بهبود یافته نسبت به ذرات بزرگ‌تر و مواد توده‌ای هستند [۳۷].

روی هم رفته به خواص منحصر به فرد نانوذرات، بکارگیری روش‌های تولیدی مناسب بمنظور دستیابی به نانوذرات با خواص بهینه، هزینه کم‌تر و محافظ محیط زیست از چالش-های مهم در زمینه فناوری نانو می‌باشد [۳۸].

نانو کامپوزیت‌ها دسته جدیدی از مواد کامپوزیتی هستند که به علت بهبود در خواص در مقایسه با کامپوزیت‌های مرسوم توجهی ویژه را به خود جلب کرده اند [۳۹].

در بین نانو کامپوزیت‌ها بیش‌ترین توجه به نانو کامپوزیت-های پایه پلیمری معطوف شده است.

یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت‌های پلیمری، خواص بی‌نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن‌هاست.

نانوکامپوزیت‌های پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری حرارتی بالا، رسانایی الکتریکی مطلوب و مقاومت شیمیایی بالایی هستند [۴۰].

- سنتز و فعالیت ضد باکتریایی نانو ذرات نقره حاصل از پسماندهای آزمایشگاهی

نقره و ترکیبات آن دارای کاربردهای فراوانی در صنایع گوناگون از جمله صنعت فیلم و عکاسی، الکترونیک و الکتریسیته، اشیاء نقرهای و زیورآلات می‌باشند. لذا، به طور مرتب از فرآیندهای مختلف وارد طبیعت می‌شود [۴۱]. بنابراین، بازیافت این ماده از منابع مختلف علاوه بر اینکه ارزش اقتصادی فراوانی دارد، از جنبه حفاظت از محیط زیست نیز دارای اهمیت می‌باشد.

چنانچه نقره حاصل از بازیافت در فرم نانو ذرات نقره با خاصیت ضد باکتریایی باشد، به گونه‌ای که بتوان از آن در گندزدایی آب استفاده نمود، مسلما فرآیند بازیافت دارای ارزش افزوده فراوانی خواهد بود [۴۲].

عمده‌ترین منابع بازیابی نقره عبارتند از: محلول‌های ظهور عکس و فیلم، برگه های پرینت، تکه‌های فیلم، پسماندهای آزمایشگاهی و آب‌های مورد استفاده در شستشو در صنایع آبکاری [۴۲-۴۷].

در این میان نانو ذرات نقره به علت ویژگی‌های منحصر به فرد خود با توجه به خصوصیات ضد باکتریایی، ضد قارچی، بوزدایی و ضد ویروسی که دارد جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده است و این مسئله بر ارزش افزوده نقره بازیافت شده تاثیر قابل چشمگیری دارد.

روش احیا شیمیایی به منظور بازیافت نقره مورد توجه قرار گرفت و علاوه بر معیارهای پایداری نانو ذرات حاصل، اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات، سادگی و مقرون به صرفه بودن روش پیشنهادی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد تا تحقق هدف اصلی که همانا بازیافت نقره از پسماندهای آزمایشگاهی است حاصل شود[۴۸-۵۰].

نتیجه‌گیری

عنصر نقره در حالت یونی ودر غلظت‌های یونی ودر غلظت-های کنترل شده اثرات ضد باکتریایی، ویروس،قارچ داشته و اثرات منفی برای انسان ندارد. با کمک نانوتکنولوژی و باکتری‌شناسی می توان مواد ضد میکروبی جدیدی را به وجود آورد.

استفاده از پانسمان نانو نقره می‌تواند در کنترل عفونت زخم-های سطحی موثر واقع گردد.

همچنین به نظر می‌رسد که پانسمان‌های نانونقره می‌توانند در بهبودی عفونت‌های عمقی ناشی از سوختگی‌های حرارتی ،شیمیایی، الکتریکی تا حد قابل قبولی موثر واقع شوند بنابراین خواص ضد باکتریایی و ضد عفونی نانوذرات نقره و کامپوزیت‌های نقره کاربرد زیادی دارند.

منابع

[1] Auffan, M., Rose, J., Bottero, J.Y., Lowry, G. V., Jolivet, J.P., and Wiesner, M. R., 2009, Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. Nature Nanotechnology, 4(10): 634641.

[2] Bruna, J., Peñaloza, A., Guarda, A., Rodríguez, F. and Galotto, M., 2012, Development of MtCu2+/LDPE

on physical and bactericidal properties in vitro.Bra Dent J; 25(2):1415. PubMed
[26] Elsaka, S. E., Hamouda, I. M., Swain, M. V., 2011, Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glassionomer restorative: influence on physical and antibacterial properties. J Dent;39(9):58998. PubMed .
[27] Imazato, S., 2009, Bio active restorative materials with antibacterial effects: new dimension of innovation in restorative dentistry. Dent Mate J; 28(1):119. PubMe.
[28] Kim, J. S., Kuk, E., Yu, K. N., Kim, J. H., Park, S. J., Lee, H.J., 2007, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomedicine; 3(1):95101. PubMed.
[29] Elsome, A .M., HamiltonMiller, J. M, Brumfitt, W., Noble, W. C., 1996, Antimicrobial Activities in Vitro and in Vivo of Transition Element Complexescontaining Gold (I) and Osmium (VI). J Antimicrob Chemother, Vol. 37, pp. 911 8.
[30]SQ SUN, B., 2007, SUN, WENQIN ZHANG D WANG., Preparation and Antibacterial Activity of Ag–TiO2 Composite Film by Liquid Phase Deposition (LPD) Method", Indian Academy of Sciences, Vol. 31, pp. 61–66.
[31] Mandigan, D., Matinko, T. M., Parker, J.M., 1994, prentice Hall. Engle wood cliffs.nj., pp517 519.
[32] Payne, S. A., 2004, Antimicrobial super finish snd method of making,united state patent application no 20040077747.
[33] Payne, J. D., yates, J. E., 1997, fiber treatment of textile materials,united state patent no 5700742.
[34] Lee, H. J., Yeos, Y., Yeong, S. H., 2003, jmater sci .,Vol.38.,pp.21992204.
[35] Yuan, G., Cranston, R., 2008, TRJ.,Vol.78.,pp.60.
[36] Vincent, E. J., Tyrone, V., 2001, bioactive fiber & polymer ,American chemical society
[37] Maity, M. D., Mollick, M. R. Mondal, D., Bhowmick, B., Bain, M. K., Bankura K., Sarkar, J., Acharya, K., Chattopadhyay, D., 2012, Synthesis of Methylcellulose– Silver Nanocomposite and Investigation of Mechanical and Antimicrobial Properties, Carbohydrate Polymers, vol. 90, pp. 1818– 1825.
[38] Sivakumar, P., Nethradevi, C., Reganathan, S., 2012, Synthesis of Silver Nanoparticles Using Lantana Camara Fruit Extract and Its Effect on Pathogens, Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, vol. 5, pp. 97101.
[39] SanchezValdes, S., OrtegaOrtiz, H., Ramosde Valle, L. F., MedellinRodriguez, F. J., GuedeaMiranda, R., 2009, Mechanical and Antimicrobial Properties of Multilayer Films with a Polyethylene/Silver Nanocomposite Layer,Journal of Applied Polymer science vol.111,pp.953962.
[40] Zapata, P. A., Tamayo, L., Paez, M., Cerda, E., Azocar, I., Rabagliati, F.M., 2011, Nanocomposites Based on Polyethylene and Nanosilver Particles Produced by Metallocenic ‘‘In Situ’’ Polymerization: Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Behavior, European Polymer Journal, vol. 47,pp. 1541–1549.
[41] Kirk, O., 1998, Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. WileyInterscience; p 165 93.
[42] Miranzadeh, M., Rabbani, D., Naseri, S., Nabizadeh, R., Mousavi, G., Ghadami, F., 2011, Removal of coliform bacteria from contaminated water using nanosilver. Feyz; 16(1): 315. [in Persian]
[43] Aktas, S., 2010, Silver recovery from spent silver oxide button cells. Hydrometallurgy; 104(1):10611.
[44] Tang, B., Yu, G., Fang, J., Shi, T., 2010, Recovery of highpuritysilver directly from dilute effluents by an emulsion liquid membranecrystallization process. J Hazard Mater; 177(13): 37783.
[45] Koseoglu, H., Kitis, M., 2009, The recovery of silver from mining wastewaters using hybrid cyanidation and highpressure membrane process. Miner Eng; 22(5): 4404.
[46] Zhouxiang, H., Jianying, W., Ma, Z., Jifan, H. A., 2008, method to recover silver from waste Xray films with spent fixing bath. Hydrometallurgy; 92(34): 14851.
[47] Pillai, K. C., Chung, S. J., Moon, I. S., 2008, Studies on electrochemical recovery of silver from simulated waste water nanocomposites with antimicrobial activity for potential use in food packaging. Applied Clay Science, 58: 7987.
[3] Dehnavi, A. S., Aroujalian, A., Raisi, A. and Fazel, S., 2013, Preparation and characterization of polyethylene/silver nanocomposite films with antibacterial activity. Journal of Applied Polymer Science, 127(5): 11801190.
[4] Del Nobile, M. A., Conte, A., Buonocore, G. G., Incoronato, A., Massaro, A. and Panza, O., 2009, Active packaging by extrusion processing of recyclable and biodegradable polymers. Journal of Food Engineering, 93(1): 16.
[5] Lansdown, A.B.G., Silver, I., 2002, its antibacterial properties and mechanism of action. J Wound Care; 11(4): 125–130.
[6] Wright, J. B., Lam, K., Burrell, RE., 1998, Wound management in an era of increasing bacterial antibiotic resistance: a role for topical silver. Am J Infect Control; 26: 572–575.
[7] Dowsett, C., 2003, An overview of Acticoat dressing in wound management. Br J Nurs; 12(19): 44 –49.
[8] Khundkar, R., Malic, C., Burge, T., 2010, Use of acticoat dressings in burns: what is the evidence? Burns.; 36(6): 751–758.
[9] Hoffman, S., 1984, Silver sulfadiazine: an antibacterial agent for topical use in burns. Scand J Plast Reconstr Surgery; 18: 119124.
[10] Klasen, H. A., 2000, historical review of the use of silver in the treatment of burns. II. Renewed interest for silver. Burns.; 26: 131136.
[11] Demling, R., DeSanti, L., 2001, The role of silver technology in wound healing: Part 1: Effects of silver on wound management. Wounds; 13: 131146.
[12] Lansdown, A., 2002, Silver 1: its antibacterial properties and mechanism of action. J Wound Care; 11:125128.
[13] Dunn, K., EdwardsJones, V., 2000, The role of Acticoat with nanocrystalline silver in the management of burns. Burns; 1: 19.
[14] Orvington, L., 2004, The truth about silver. Ostomy Wound Manage; 50: 110.
[15] Ang, E., Glasg, F., Lee, T., Edinb, F., Christine, S., Gan, G., 2003, Pain control in a randomized, controlled, clinical trial comparing moist exposed burn ointment and conventional methods in patients with partialthickness burns. J Burn Care Rehabil; 24(5): 289296
[16] Atiyeh, B. S., Dibo, S. A., Hayek, S. N., 2009, Wound cleansing, topical antiseptics and wound healing. Int Wound J. 6(6): 420430.
[17] El hadrami, A., Adam, L. R., El hadrami, I., Daayf, F.,2010, Chitosan in plant protection. Marine Drugs; 8(4): 968987.
[18] Jo, Y. K., Kim, B.H., Jung, G., 2009, Antifungal activity of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi. Plant Disease; 93(10):10371043.
[19] Khamhaengpol, A., Siri, S., 2017, Green synthesis of silver nanoparticles using tissue extract of weaver ant larvae. Materials Letters; 192: 114.
[20] Gupta, A., Forsythe, W. C., Clark, M. L, Dill, J. A., Baker, G. L., 2007, Generation of C60 nanoparticle aerosol in high mass concentrations. Journal of Aerosol Science; 38(6): 592603.
[21] Sondi, I., SalopekSondi, B., 2004, Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gramnegative bacteria. J Colloid Interface Sci; 275(1): 17782.
[22] Yahya, M. T., Landeen, L. K, Messina M. C., Kutz, S. M., Schulze, R., Gerba, C. P., 1990, Disinfection of bacteria in water systems by using electrolytically generated copper:silver and reduced levels of free chlorine. Can J Microbiol; 36(2): 10916.
[23] Slawson, R. M., Van Dyke, M. I., Lee, H., Trevors, J. T.,1992, Germanium and silver resistance, accumulation, and toxicity in microorganisms. Plasmid; 27(1): 729.
[24] de, Fúci, S. B., PuppinRontani, R. M., de Carvalho, F. G., MattosGraner Rde, O., CorrerSobrinho, L., GarciaGodoy, F., 2009, Analyses of biofilms accumulated on dental restorative materials. Am J Dent; 22(3):1316. PubMed
[25] das Neves, P. B., Agnelli, JA., Kurachi, C., de Souza, CW., 2014, Addition of silver nanoparticles to composite resin: effect

from Ag(II)/Ag(I) based mediated electrochemical oxidation process. Chemosphere; 73(9): 150511.
[48] Vaidyanathan, R., Gopalram, S., Kalishwaralal, K., Deepak, V., Pandian, S., Gurunathan, S., 2010, Enhanced silver nanoparticle synthesis by optimization of nitrate reductase activity. ColloidsSurf B Biointerfaces; 75(1): 33541.
[49] Michna, A., Adamczyk, Z., Siwek, B., Oćwieja M., 2010, Silver nanoparticle monolayers on poly (ethylene imine) covered mica produced by colloidal selfassembly. J Colloid Interface Sci; 345(2): 187 93.
[50] Yoksan, R., Chirachanchai, S., 2010, Silver nanoparticleloaded chitosan–starch based films: Fabrication and evaluation of tensile, barrier and antimicrobial properties Mater Sci Eng; 30(6): 89197.